

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

## **Návrh kalibrace kontrolních kroužků**

## **Calibration Proposal of Control Rings**

Student:

Bc. David Irišek

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba CSc.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Irišek**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **2303T002 Strojírenská technologie**  
Téma: **Návrh kalibrace kontrolních kroužků**  
**Calibration Proposal of Control Rings**

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Přesné měření vnitřních rozměrů.
3. Určování nejistot měření při kalibraci měřidel.
4. Návrh metodiky kalibrace vybraných kroužků.
5. Diskuze experimentálních měření.
6. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [2] ZAJAC, J.; JURKO, J.; ČEP, R. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [3] VASILKO, K. *Analytická teória trieskového obrábania*. Prešov : COFIN Prešov, 2007. 338 s. ISBN 978-80-8073-759-7.
- [4] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archived/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [5] TICHÁ, Š. *Strojírenská metrologie - část 2. Základy řízení jakosti*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2006. 86 s. ISBN 80-248-1209-6.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011

  
doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě B. Králová 2011

  
.....  
podpis studenta

### Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 3. května 2011

  
.....  
podpis

David Iříšek  
Hálkova 14  
789 85 Mohelnice

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

IRIŠEK, D. Návrh kalibrace kontrolních kroužků: diplomová práce. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2011, 58 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Vrba CSc.

Diplomová práce se zabývá návrhem a realizací kalibrace kontrolních kroužků na délkovém měřicím přístroji a následným stanovením nejistot měření. V teoretické části je popsána problematika měření délkových rozměrů, metod měření, chyb měření a obecně popsán postup stanovení nejistot měření. Následně je zde uvedeno k čemu kontrolní kroužky slouží a kde se používají.

V praktické části je popsán postup přípravy na kalibraci kontrolních kroužků a způsob jejich měření s vysvětlením problémů, kterých se musíme při kalibraci vyvarovat. Následuje popis realizace kalibrace na délkoměru a v poslední kapitole samotný výpočet nejistot měření a technicko ekonomické zhodnocení.

## **ANNOTATION OF THESIS**

IRIŠEK, D. Calibration Proposal of Control Rings: Master Thesis. Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Working and Assembly, 2011, 58 s. Thesis head: doc. Ing. Vladimír Vrba CSc.

This thesis is focused on proposal of control rings calibration for length gauge and determination of measuring uncertainty. There is description of the way of length gauge measurement, measurement methodology, deviation of measurement and general explanation of the evaluation uncertainty measuring procedure in the theoretical part of thesis. Then there is explained function of the control rings and where the control rings are used.

There is description of the calibration preparation of the control rings, way of measurement and description of problems which should be avoided during calibration in the practical part of thesis. Then follows description of the length gauge calibration. There is final evaluation of the uncertainty measuring with technical and economical evaluation in the last chapter.

## **OBSAH**

### **Seznam použitých výrazů a zkratk:**

<b>Úvod .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>1. Obecná charakteristika daného problému.....</b>	<b>- 2 -</b>
1.1. Popis důležitosti přesného měření .....	- 2 -
1.2. Koyo Bearings ve světě .....	- 3 -
1.3. Koyo Bearings Olomouc .....	- 5 -
<b>2. Přesné měření vnitřních rozměrů .....</b>	<b>- 11 -</b>
2.1. Přehled základních měřících jednotek a pojmů .....	- 11 -
2.1.1. Základní měřící jednotky .....	- 11 -
2.1.2. Základní pojmy .....	- 11 -
2.2. Přesné měření délek .....	- 13 -
2.2.1. Metody měření .....	- 13 -
2.2.2. Druhy měřidel .....	- 13 -
2.2.3. Délkoměry .....	- 21 -
<b>3. Určování nejistot měření při kalibraci měřidel .....</b>	<b>- 26 -</b>
3.1. Chyby měření .....	- 26 -
3.2. Stanovení nejistot měření .....	- 26 -
3.2.1. Stanovení nejistoty typu A .....	- 28 -
3.2.2. Stanovení nejistoty typu B .....	- 29 -
3.2.3. Stanovení kombinované nejistoty .....	- 30 -
3.2.4. Stanovení rozšířené nejistoty .....	- 30 -
3.2.5. Vyjádření nejistoty měření .....	- 31 -
<b>4. Návrh metodiky kalibrace vybraných kroužků.....</b>	<b>- 32 -</b>
4.1. Zákon o metrologii a související předpisy .....	- 32 -
4.2. Popis a použití vybraných kontrolních kroužků v závodě .....	- 32 -
4.2.1. Popis kontrolních kroužků .....	- 32 -
4.2.2. Přehled zvolených kroužků určených ke kalibraci .....	- 34 -
4.2.3. Dílenské UD měřidlo pro kontrolu kroužků a jeho umístění ve výrobě .....	- 35 -
4.2.4. Délkoměrem ULM OPAL 600 .....	- 38 -
4.3. Příprava na měření .....	- 40 -
4.3.1. Prostředky potřebné ke kalibraci .....	- 40 -
4.3.2. Nastavení délkoměru na měření .....	- 41 -
4.3.3. Nachystání teploměru .....	- 43 -

4.4. Návrh metody kalibrace.....	- 43 -
4.4.1. Samotné měření kontrolních kroužků pro vnější měření.....	- 43 -
4.4.2. Samotné měření kontrolních kroužků pro vnitřní měření.....	- 45 -
<b>5. Diskuze experimentálních měření.....</b>	<b>- 46 -</b>
5.1. Realizace samotného měření dle návrhu .....	- 46 -
5.1.1. Informace o měření kontrolních kroužků vnitřních.....	- 46 -
5.1.2. Informace o měření kontrolních kroužků vnějších.....	- 46 -
5.1.3. Přehled naměřených hodnot .....	- 47 -
5.2. Stanovení nejistot.....	- 50 -
5.2.1. Stanovení nejistoty typu A (pro MS/0002).....	- 50 -
5.2.2. Stanovení nejistoty typu B (pro MS/0002).....	- 51 -
5.2.3. Stanovení kombinované nejistoty (pro MS/0002).....	- 52 -
5.2.4. Stanovení rozšířené nejistoty (pro MS/0002).....	- 52 -
5.2.5 Přehled vypočítaných nejistot.....	- 53 -
5.3. Výsledek kalibrace.....	- 53 -
<b>6. Technicko ekonomické zhodnocení.....</b>	<b>- 56 -</b>
6.1. Technické zhodnocení .....	- 56 -
6.2. Ekonomické zhodnocení.....	- 56 -
<b>Závěr .....</b>	<b>- 58 -</b>
<b>Použitá literatura</b>	
<b>Seznam příloh</b>	

## Seznam použitých výrazů a zkratek:

nrmin.	normominity	[min]
n	počet měření	[ - ]
t	teplota	[°C]
y	naměřená hodnota	[mm]
U	rozšířená nejistota	[μm]
ε	absolutní chyba	[%]
δ	relativní chyba	[%]
x	skutečná (pravá) hodnota	[mm]
μ	střední hodnota	[mm]
σ	směrodatná odchylka	[mm]
x <sub>i</sub>	jednotlivé naměřené hodnoty	[mm]
$u_A$	standardní nejistota typu A	[μm]
$u_B$	standardní nejistota typu B	[μm]
$u_C$	kombinovaná nejistota	[μm]
ČMI	Český metrologický institut	[ - ]
ISO	International Standard Organization – Mezinárodní standardizační organizace	[ - ]



# Úvod

V dnešním světě zaplněném konkurencí se snaží každá společnost získat co největší tržní podíl a zvláště pokud se jedná o nadnárodní japonský koncern, kterým je např. společnost Koyo Bearings. Společnost Koyo Bearings (součást korporace J-TEKT) se řadí mezi světové špičky ve výrobě ložisek a automobilových řídicích systémů, specializujícím se především na výrobu kuličkových, jehličkových, válečkových ložisek a VT kladek. Hlavním a prvotním cílem společnosti je zabezpečit potřebnou jakost výrobků, která je spojena se spokojeností zákazníků a to hlavně díky systému technických a organizačních opatření.

V olomouckém závodě se jakostí výrobků zabývá oddělení jakosti, jehož součástí je i oddělení metrologie. V daných odděleních dochází ke kontrole a přeměřování součástí na vysoce přesných měřicích přístrojích. Provádí se zde samozřejmě i kalibrace mnoha druhů součástí, měřidel a další činnosti spjaté s výrobním procesem závodu.

K jednomu z nejmodernějších měřidel v metrologické laboratoři patří délkový měřicí přístroj, který slouží k přesnému měření délkových rozměrů výrobků vznikajících ve výrobním programu společnosti a k jejich kalibraci. Také napomáhá v procesu zavádění nových produktů, který je bezpodmínečně nutný k zajištění kvality výrobků (PPAP).

V této práci jsem se zaměřil na využití délkoměru a jeho užití při provádění pravidelných kalibrací kontrolních kroužků, která se provádí v pravidelných kalibračních intervalech v externí společnosti a současně i v metrologické laboratoři. Cílem této práce je kalibrace kontrolních kroužků a stanovení nejistot měření při jejich kalibraci v podmínkách metrologické laboratoře společnosti Koyo Bearings Česká republika, s.r.o. Metoda kalibrace bude aplikována na vytipované kontrolní kroužky, které zaujímají nemalé procento z celkového množství, které se v této společnosti používají.

V teoretické části jsem popisoval metodiku kalibrace při měření délek, zmínil jsem problematiku chyb měření a obecně rozepsal postup stanovení nejistot. Následně jsem uvedl, k čemu se kontrolní kroužky používají a jejich samotné užití ve výrobním procesu.

Praktická část popisuje samotnou přípravu na kalibraci kontrolních kroužků, návrh metodiky samotné kalibrace. Poslední kapitola se zabývá stanovením nejistot a porovnáním výsledků.

Cílem této práce je stanovení metodiky kalibrace kontrolních kroužků, vyhodnocení výsledků kalibrace, stanovení nejistot měření a v poslední části celkové zhodnocení naměřených výsledků a celkové shrnutí dané problematiky

# 1. Obecná charakteristika daného problému

## 1.1. Popis důležitosti přesného měření

Předpokladem pro správnou funkci a jakost výrobků je určení všech vlastností konečného výrobku i jeho části parametrů v technických výkresech a technologických postupech. Protože téměř všechny tyto parametry se měří, respektive kontrolují měřením, je nutné zajistit měření správnými, spolehlivými a přiměřeně přesnými přístroji při výrobě, kontrole a zkoušení výrobků [9].

Pro jednoznačný výrobní program a jistotu výroby je ve společnosti Koyo Bearings kladen velký důraz na přesnost výroby a s tím spjaté přesné měření ve výrobě, kde zhotovení přesné součásti má vliv na konečný produkt, který bude umístěn v konečném výrobku u koncového zákazníka. Nepřesné měření a propuštění nekvalitního dílu k zákazníkovi může mít neblahý vliv na spokojenost zákazníka a tím pádem negativní vliv na ekonomický výsledek podniku.

K zajištění přesného měření a zhotovování přesných výrobků přispívá velkou měrou metrologická laboratoř, kde jsou soustředěny podnikové etalony, které jsou v řádném sledu navázány na státní etalony. Tyto slouží k přesnému nastavení a ověření přesného měření přístrojů, díky kterým pak ve výrobě dochází ke zhotovování jednotlivých komponentů.

Jednou z důležitých kontrol ve výrobě je měření na UD měřidle, kde za pomoci řádně z kalibrovaných kontrolních kroužků je prováděna mezioperační kontrola při výrobě ložiskových kroužků. Průběh a sledování kalibrací kontrolních kroužků je velice důležitou operací metrologické laboratoře a naším cílem je se zaměřit na její dokonalé provedení a zlepšení tohoto procesu.

K tomuto nám poslouží i výsledný výpočet nejistot měření a celkové zhodnocení námi navrženého postupu kalibrace, jelikož je nutné k tomuto účelu užít velmi přesný měřicí přístroj, který má společnost v pronájmu od dodavatele těchto přístrojů.

## **1.2. Koyo Bearings ve světě**

Společnost Koyo Bearings patří do konsorcia J-TEKT Group, které je se sídlem v Japonsku předním světovým výrobcem ložisek, systémů řízení, náprav, strojů a nářadí. Pomocí trvale vysoké úrovně kvality a výkonu svých výrobků a také prvenstvím ve vývoji elektrických a hydroelektrických řídicích systémů si J-TEKT získal uznání a důvěru výrobců automobilů a průmyslových výrobců na celém světě. Ve svých čtyřech výrobních divizích bude nadále pokračovat v pěstování dokonalosti kvality a spolehlivosti výrobků. Cílem J-TEKTu je být v první desítce světových dodavatelů automobilových dílů [4].

Korporace J-TEKT sídlí v Japonsku, ve městech Nagoya a Osaka. Její roční obrat činí 11 miliard dolarů, základní kapitál 400 miliónů dolarů a se svými 85 výrobními závody a 37000 zaměstnanci se řadí k významným světovým průmyslovým výrobcům [4].

Koyo představuje jednu z divizí J-TEKTu. Tato divize se řadí mezi světové špičky ve výrobě ložisek. Díky udržování trvale vysoké kvality a výkonu svých výrobků se Koyo prosadila mezi průmyslovými výrobci a výrobcí automobilů na celém světě a získala certifikaci ISO/TS 16949. Koyo nabízí inovativní řešení původním výrobcům zařízení i koncovým uživatelům náhradních dílů, přičemž se soustředí na klíčové trhy automobilový, zemědělský, stavební, těžký průmysl (výroba oceli a větrných mlýnů), trh obráběcích nástrojů, elektrických motorů a všeobecného strojního zařízení[4].

Technologická a výrobní způsobilost společnosti Koyo sahá od extrémně velkých ložisek s vnějším průměrem sedm metrů až po miniaturní ložiska s vnitřními průměry o velikosti jeden milimetr. Společnost Koyo vyvinula s pomocí nových materiálů a nejnovějších výrobních technologií hybridní keramická ložiska a širokou škálu extrémních ložisek pro speciální prostředí, která splňují stále přísnější a náročnější požadavky moderních průmyslových odvětví[4].

Ať je prostředí aplikace sebenáročnější, ať musí vaše výrobky pracovat v jakémkoliv prostředí, společnost Koyo dokáže zvolit vhodná ložiska případně navrhnout novou konstrukci a vyrobit je ve svých závodech po celém světě[4].

Společnost Koyo představuje soulad nejvyšší kvality, spolehlivosti a servisu a pro výrobce je jménem, na které se mohou spolehnout[4].

Společnost J-TEKT v Evropě má několik sesterských závodů (viz obr. 1.1).



**Obr. 1.1:** Ukázka sesterských závodů v Evropě [4]

### **Filosofie společnosti:**

Hledat možnosti a cesty, jak přispět k hojnosti a blahobytu všech lidí prostřednictvím výrobků, které si získají důvěru celé společnosti na celém světě [4].

### **ZÁVAZEK VEDENÍ SPOLEČNOSTI**

- ❖ v rámci růstu naší společnosti postupovat v souladu s požadavky společnosti na globální úrovni
- ❖ vytvářet nové hodnoty a přinášet radost a inspiraci ve všech směrech
- ❖ podporovat transparentnost, pěstovat prostředí plné energie založené na vzájemném respektu
- ❖ usilovat o vytvoření podmínek pro plnější a bezpečnější život [4]

### **1.3. Koyo Bearings Olomouc**

Společnost Koyo Bearings Česká republika, s.r.o. se sídlem v Olomouci je významným výrobcem jehličkových, válečkových ložisek, axiálních a speciálních ložisek, kladek do kolejnic se šroubem, plných VT kladek, kombinovaných ložisek a příslušenství (vnitřní kroužky, koncové podložky, samostatné komponenty), které jsou určeny pro celosvětové automobilky a další strojírenské závody [4].

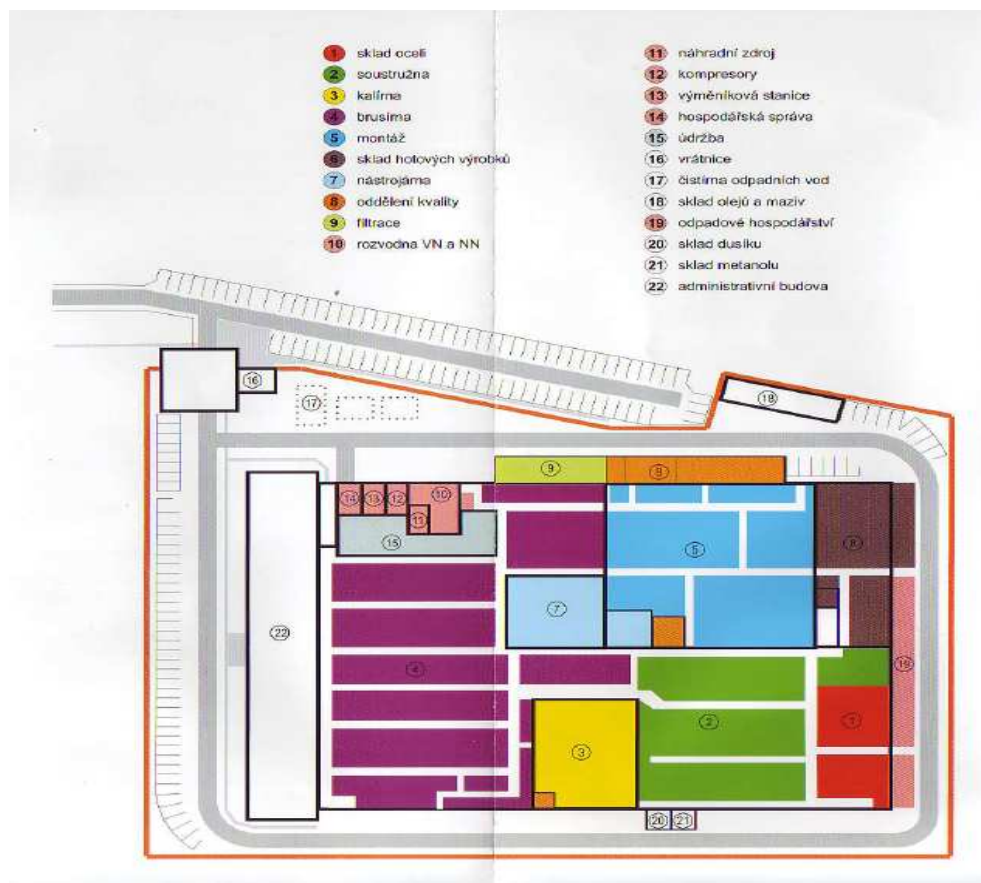
Závod v Olomouci byl postaven v roce 2001 na zelené louce. Do jeho výstavby bylo investováno 865 miliónů korun. Výrobní program je zaměřen na výrobu jehličkových, válečkových a axiálních ložisek a kladek do dieselových motorů (viz Příloha č.2) určených nejen pro automobilový, ale i strojírenský průmysl. Mezi přední zákazníky olomouckého závodu patří například VW, Audi, Renault, VOLVO, PSA PEUGEOT CITROËN, SCANIA, ZF, BOSCH a další [4].

Hlavním cílem společnosti je udržet vysoký standard v oblasti bezpečnosti práce, kvality výrobků a produktivity práce. Společnost Koyo Bearings se chce stát nejvýznamnějším výrobcem ložisek s vysokou úrovní kvality výrobků, určených především pro zákazníky z automobilového průmyslu [4].

Výrobní závod je certifikován dle ISO TS 16949, ISO 14001 a ISO 18001 (viz Příloha č.1). V současné době zaměstnává téměř 300 pracovníků. Společnost obdržela ocenění zaměstnavatele roku a regionu. Aktivně se podílí na životě v místní komunitě, kde v uplynulých 9 letech podpořila řadu charitativních projektů, na které bylo přerozděleno přes 17 miliónů Kč [4].

#### **Základní data o olomouckém závodě:**

Rozloha - 11 000 m<sup>2</sup>; zahájení výstavby závodu - leden 2001; dokončení výstavby závodu - červen 2001; zahájení výroby - srpen 2001; počet zaměstnanců - cca 300; počet strojního vybavení – 250; rozmístění provozů (viz. obr. 1.2) [4].



**Obr. 1.2:** Schéma olomouckého závodu, popis provozů [4]

## Historie

2000	Založení společnosti Torrington, spadající do nadnárodní korporace Ingersoll Rand Company
2001	Výstavba nového závodu v Olomouci
2002	Transfer výroby jehličkových a válečkových ložisek ze sesterského závodu v německém Künsebecku
2003	Akvizice skupiny Torrington nadnárodní korporací The Timken Company
2004	Dokončení výrobního procesu na výrobu kladek do dieselových motorů Prestižní ocenění "Zaměstnavatel roku"
2006	Transfer výroby z francouzského závodu Vierzon

2007	Projekt nové výroby pro zákazníka Renault Prestižní ocenění "Nejlepší zaměstnavatel olomouckého regionu"
2010	Divize jehličkových a válečkových ložisek byla koupena nadnárodní korporací JTEKT Corporation

## Technologie

Ložisko se zpravidla skládá z vnějšího kroužku, vnitřního kroužku a valivých prvků, kterými jsou kuličky, kuželíky, jehličky nebo válečky, které bývají umístěny v tzv. kleci. Olomoucký výrobní závod se zaměřuje na výrobu ložiskových kroužků a montáž ložisek. Výroba kroužků prochází těmito výrobními kroky: soustružení, dokončovací operace za měkka, kalení, broušení a montáž [4].

Soustružení představuje dominantní operaci tzv. třískového obrábění ložiskových kroužků. Provádí se na CNC soustruzích, na nichž se z bezešvých trubek nebo tyčí vysoustruží komponenty požadovaných tvarů a rozměrů. Doplnkovými metodami obrábění je frézování, protahování, dokončování výrobních detailů a vrtání mazacích otvorů. Mezi nejnovější výrobní metody patří i tzv. soustružení „za tvrda“, tj. po kalení, kdy obrábíme tvrdý materiál za velmi vysoké teploty. Takto zpracovaná ložiska dodáváme výrobcům světových jmen, jako jsou např. nákladní automobily VOLVO nebo Scania [4].

Připravené polotovary ze soustružny vypereme, usušíme a zakalíme (tepelně upravíme) ve vlastní moderní kalící peci. V této peci dojde po postupném nahřívání ložiskových kroužků k jejich prudkému ochlazení. Poté se kroužky popouštějí, čímž získají na houževnatosti a stabilitě rozměrů [4].

V rámci broušení brousíme čelní plochy ložiskových kroužků, vnější průměry, vnitřní průměry, oběžnou dráhu a opěrná čela. Vše se brousí na speciálních bruskách. Poté kroužky prochází operací honování, tj. přehlazování povrchu, čímž zlepšujeme mikrogeometrii a minimalizujeme tak jeho hlučnost [4].

Závěrečnou etapou výroby je u vybraných ložisek jejich montáž, kdy v jeden celek spojíme vnější a vnitřní kroužek prostřednictvím ložiskové klece a valivých částí (válečků nebo jehliček), které vyrábí naše sesterské závody. Vše se odehrává ve vysoce čistém pracovním prostředí. Kvalitu našich výrobků zajišťuje stoprocentní kontrola hlučnosti, kterou smontované ložisko prochází. Smontované ložisko se zabalí do přepravek a poté transportuje zákazníkovi [4].

## Výrobní program

### - Válečková ložiska (viz obr. 1.3)

Ve válečkových ložiscích jsou jako valivá tělíska použity válečky. Ty mají cylindrický tvar, ale jejich profil není zcela přímý. Místo toho mají tyto válečky lehce soudkovitý tvar, případně jsou ještě na koncích zúžené, díky čemuž se podstatně snižuje koncentrace namáhání. Tato mikrogeometrie má za následek nízké tření a umožňuje využití u vysokorychlostních aplikací [4].

Charakteristickou vlastností válečkových ložisek je velká kapacita radiálního zatížení, jelikož válečky jsou v lineárním kontaktu s oběžnou dráhou. Tato ložiska jsou proto vhodná pro aplikace, které vytváří vysoké radiální a nárazové zatížení. Jsou také vhodná pro vysokorychlostní aplikace, protože mohou být vzhledem ke své struktuře vyráběna ve vysokých přesnostech. Díky dělitelnému vnitřnímu nebo vnějšímu kroužku lze tato ložiska snadno montovat a demontovat [4].



**Obr. 1.3:** Válečkové ložisko [4]

### - Jehličková ložiska (viz obr. 1.4)

V jehličkových ložiscích jsou jako valivá tělíska použity jehličky, které bychom mohli popsat jako válečky, které mají vzhledem ke své délce relativně malý průměr. Jehličková ložiska jsou poměrně krátká, jsou tudíž vhodná všude tam, kde je třeba zmenšit hmotnost a rozměry strojních zařízení. Tento typ ložiska se používá v široké škále zařízení, jako jsou automobily, motocykly, elektrické stroje, obráběcí nástroje, letectví a kancelářské vybavení [4].

Jehličková ložiska jsou kompaktní, s velkou tuhostí a v porovnání s ostatními typy ložisek mají vynikající parametry dovoleného zatížení. Jsou rovněž vhodná pro oscilující zatížení [4].



Jehličková ložiska jsou dostupná v provedení s vnitřním kroužkem nebo bez něj. U všech jehličkových ložisek, s výjimkou montovaných jehličkových ložisek, jsou jehličky vedeny paralelně k ose pomocí rozměrově stabilní klece [4].



**Obr. 1.4:** Jehličkové ložisko [4]

#### **- Axiální a speciální ložiska (viz obr. 1.5)**

Axiální ložiska tvoří tuhá uložení a jsou schopna přenášet velké axiální zatížení. V axiálním směru vyžadují minimální prostor a jejich použití je tam, kde kuličková ložiska již nemají potřebnou únosnost. Konstrukčně jsou vytvořena tak, že jsou rozebíratelná a jednotlivé díly se dají montovat samostatně. Samostatně se dají rovněž objednat samostatné axiální klece s válečky, stejně jako hřídelové kroužky (WS) a tělesové kroužky (GS) [4].

V případech, kdy je zapotřebí ložisko "na míru", přichází na řadu speciály. Jedná se o ložiska konstrukčně uzpůsobená dané aplikaci, speciálně navržené dle požadavků zákazníka [4].



**Obr. 1.5:** Speciální ložisko [4]

Společnost Koyo Bearings je jedním nejvýznamnějších celosvětových výrobců ložisek. Specializuje se především na výrobu kuželíkových, kuličkových, jehličkových, soudečkových a válečkových ložisek (viz obr. 1.6) [4].



**Koyo.**

**Obr. 1.6:** Ukázka vybraných produktů společnosti [4]

## 2. Přesné měření vnitřních rozměrů

### 2.1. Přehled základních měřících jednotek a pojmů

#### 2.1.1. Základní měřící jednotky

##### Základní měřící jednotky

Subjekty a orgány státní správy jsou povinny používat základní měřící jednotky, jejich označování, násobky a díly stanovené vyhláškou (viz. tab. 4.1) [2]. Oficiální definice všech základních jednotek SI jsou schváleny Generálními konferencemi vah a měr CGPM. Tyto definice jsou čas od času upravovány tak, aby odpovídaly současnému vývoji vědy, a aby se umožnila přesnější realizace základních jednotek [5].

**Tabulka 4.1:** Základní jednotky SI

<b>Základní jednotka SI</b>	<b>Název jednotky</b>	<b>Značka jednotky</b>	<b>Dosažitelná úroveň realizace</b>
<b>délka</b>	metr	m	$10^{-9}$
<b>hmotnost</b>	kilogram	kg	$10^{-9}$
<b>čas</b>	sekunda	s	$10^{-15}$
<b>elektrický proud</b>	ampér	A	$10^{-5}$
<b>termodynamická teplota</b>	kelvin	K	$10^{-4}$
<b>látkové množství</b>	mol	mol	$10^{-2}$
<b>svítivost</b>	kandela	cd	$10^{-4}$

#### 2.1.2. Základní pojmy

##### Metrologie

Je vědní a technická disciplína, zabývající se všemi poznatky a činnostmi, týkající se měření. Je základem jednotného a přesného měření ve všech oblastech vědy, hospodářství, státní správy, obrany, ochrany zdraví a životního prostředí. Metrologii v systému řízení je nutno chápat jako soubor činností spojených s udržováním, evidencí, kalibrací a ověřováním měřidel, tedy tvorby a dodržování metrologického řádu. Jednotné a přesné měření je předpokladem vzájemné důvěry při směně zboží, ale stále více i jednou z nutných podmínek jakékoliv efektivní výroby [2].

## Měření a kontrola

Je soubor experimentálních úkonů, jejichž cílem je určení hodnoty určité veličiny, tj. určení kvantitativní charakteristiky určitého kvalitativního znaku (vlastnosti) určitého objektu. Opakujeme-li měření za stejných podmínek zjistíme, že výsledky měření se od sebe liší více nebo méně. Toto je způsobeno nepřesnostmi měřícího systému, nedodržením konstantních podmínek měření a dalšími jinými [2].

Tyto rozměry se od sebe liší o určitou chybu. Rozdíl mezi jmenovitým a skutečným rozměrem je výrobní chyba, rozdíl mezi skutečným a naměřeným rozměrem je chyba měření. Velikost těchto rozdílů závisí na přesnosti výroby, resp. přesnosti měření [10].

Měřením se zjišťuje, zda kontrolovaná veličina (délka, úhel, hmotnost, výkon, hlučnost, apod.) odpovídá předepsané veličině. Kontrola znamená zjištění, zda materiál nebo výrobek splňují předepsané podmínky např. rozměrovou a tvarovou přesnost, pevnost, tvrdost, jakost povrchu. Provádí se vstupní kontrola (materiálu, nástrojů, nářadí, měřidel), výrobní kontrola (během výroby a montáže) a výstupní kontrola (hotového výrobku) [6].

Metody měření [6].

- ❖ **Měření přímé (absolutní)** – odečítá se pomocí měřidel nebo měřících přístrojů číselná hodnota v příslušných jednotkách a s přesností, kterou umožňuje použité měřidlo.
- ❖ **Měření nepřímé komparační (porovnávací)** – porovnává se rozměr součásti s neměnným nebo nastavitelným rozměrem měřidla nebo měřícího přístroje. Výsledkem měření je zjištění, zda skutečný rozměr na výrobku je dobrý nebo zmetkový tzn. je vyroben v dovolených mezích, nebo se vyhodnocují odchylky od nastaveného (požadovaného) rozměru.
- ❖ **Měření nepřímé** – na základě výsledku měření jiné veličiny nebo souboru veličin se výpočtem zjišťuje kontrolovaná veličina.

**Metody měření z hlediska styku s měřeným předmětem** – dotykové (kontaktní) nebo bezdotykové (bezkontaktní).

## Etalon

Měřidlo nebo měřící přístroj, ztělesněná míra, referenční materiál nebo měřící systém, určené k definování, realizování, uchovávání nebo reprodukování jednotky nebo jedné či více hodnot veličiny k použití pro referenční účely (např. etalon hmotnosti 1 kg, etalonová koncová měrka, etalonový ampérmetr) [2].

**Primární etalon** – etalon, který je určen nebo ve velkém rozsahu uznáván jako etalon, který má nejvyšší metrologickou jakost a jehož hodnota je akceptována bez navázání na jiné etalony pro tutéž veličinu (platí jak pro jednotky základní tak odvozené) [2].

**Sekundárního etalon** – etalon, jehož hodnota byla stanovena porovnáním s nějakým primárním etalonem pro tutéž veličinu [2].

## **Kalibrace**

Soubor úkonů, kterými se stanoví za specifických podmínek vztah mezi hodnotami veličin, které jsou indikovány měřícím přístrojem nebo měřícím systémem nebo hodnotami reprezentovanými ztělesněnou mírou nebo referenčním materiálem a odpovídajícími hodnotami, které jsou realizovány etalony [2].

## **Ověřování a kalibrace měřidla**

Je zjištění a potvrzení, že má dané měřidlo požadované metrologické vlastnosti (postup ověřování stanovených měřidel stanoví ministerstvo vyhláškou). O ověření stanoveného měřidla vydá ČMI nebo autorizované metrologické středisko ověřovací list nebo měřidlo opatří úřední značkou (náležitost ověřovacího listu a grafickou podobu úřední značky stanoví ministerstvo vyhláškou). Měřidla, která mají původ v zemích Evropského společenství se považují za měřidla ověřená dle tohoto zákona, pokud jsou označena značkami platnými v Evropském společenství a stanovena vyhláškou ministerstva [2].

## **2.2. Přesné měření délek**

### **2.2.1. Metody měření**

**Rozdělení z hlediska přesnosti měření [6].:**

- ❖ **Měření s přesností 0,5 mm až 0,2 mm** – ocelová měřítka plochá nebo tyčová, ohebná pásková měřítka, ocelová pásma.
- ❖ **Měření s přesností 0,1 mm (0,05 a 0,02 mm)** – posuvná měřítka.
- ❖ **Měření s přesností 0,01 mm** – mikrometry, mechanické komparační přístroje.
- ❖ **Měření s přesností 0,001 mm a větší** – základní rovnoběžné měrky, komparační přístroje optické, elektrické, pneumatické nebo kombinované.

### **2.2.2. Druhy měřidel**

**Rozdělení z hlediska použité metody měření a konstrukci měřidla [6].:**

- ❖ **Měřidla přímá** – posuvná měřítka, mikrometry
- ❖ **Měřidla pevná** – základní rovnoběžné měrky, kalibry
- ❖ **Měřidla nepřímá** – komparátory

#### **Ocelové měřítko [7]:**

- ❖ Nejjednodušší měřidlo
- ❖ Přesnost měření (tenká měřítka, měřítka se zkosením v místě stupnice) 0,5 mm
- ❖ V dílnách se používá měřítek o délkách: 100, 300, 500 mm
- ❖ Existují také: měřicí pásma z oceli a svinovací pásová měřítka

#### **Hmatadla**

Slouží k [7]:

- ❖ Nastavení a přenesení rozměru z obrobku na měřidlo
- ❖ Porovnání rozměrů obrobku s rozměry vzorového výrobku
- ❖ Provedení hmatadel jako pružinová hmatadla umožňují po nastavení na kontrolovaný rozměr stisknout ramena hmatadla (Výhoda: Po vyjmutí z díry se hmatadlo vrátí na kontrolovaný rozměr, např. když se měří vnitřní drážka)

Pravidla při měření pomocí ocelových měřítek a hmatadel [7]:

- ❖ Nulová ryska MUSÍ souhlasit s hranou obrobku
- ❖ Hmatadlo musí jít nastavit plynule
- ❖ Hmatadlo nastavte pomocí stavěcího šroubku
- ❖ Netlučte na měřicí plochy hmatadel
- ❖ Pro přesné přečtení rozměru musí být čelisti hmatadla rovnoběžně a pravoúhle k plochám obrobku
- ❖ Hmatadlem měřte co nejvíce shora
- ❖ Hmatadlo netlačte a netiskněte k měřeným plochám

**Posuvná měřidla** (viz obr. 2.1) [7]:

- ❖ Měří s přesností:
  - 0,1 mm
  - 0,05 mm
  - 0,02 mm
- ❖ Slouží pro měření:
  - Vnějších rozměrů: Měří se rameny
  - Vnitřních rozměrů: Měří se břity

Hloubek: Měří se pomocí hloubkové měřicí tyčinky

❖ Konstrukce a části:

Měřítka na hlavní stupnici

Hlavní rameno s měřícím břitem

Posuvné rameno s noniem

Pravidla pro práci s posuvnými měřidly [7]:

- ❖ Měřit s citem. Správný tlak je na přesnost měření velmi důležitý. Při měření se musí posuvné rameno na měřítku posouvat bez vůle, jinak vznikají chyby měření.
- ❖ Přístupné vnější rozměry neměříme špičkami ramen, ale uvnitř ramen, aby se měřicí břity zbytečně neopotřebovávaly
- ❖ Drážky a zápichy měřit břity měřících ramen, jinak vzniknou chyby v měření.
- ❖ Nastavená posuvná měřítka neposunovat zbytečně s pevně zajištěným posuvem ramen po obrobku. Před sejmutím měřidla ze součásti uvolnit tlak na posuvné rameno, jinak dochází ke zbytečnému opotřebování měřících ploch!
- ❖ Kontrola posuvného měřítka: Obě měřicí ramena musí být v nulové poloze vzájemně doléhat bez průsvitu.
- ❖ Při měření hloubek se dorazová plocha (můstek) hloubkoměru silně přitlačí k obrobku, potom se hloubkoměr vede tak, až měřící jazýček, popř. hloubkový doraz narazí na osazení, na dno drážky, apod.



**Obr. 2.1:** Ukázka posuvného měřítka [7]

**Mikrometry** (viz obr. 2.2) [7]:

- ❖ Umožňují měření s přesností 0,01 mm (0,001 se zvláštní úpravou)

❖ Použití:

Měření vnějších a vnitřních rozměrů

Měření hloubek

**Třmenové mikrometry [7]:**

❖ Jsou konstruovány pro měřicí rozsahy:

0 až 25 mm

25 až 50 mm

50 až 75 mm

75 až 100 mm

100 až 125 mm

Konstrukce a části třmenového mikrometru [7]:

- ❖ V pevném třmenu jsou uloženy pevný dotyk a otáčivý mikrometrický šroub -> Dotyk a mikroskopický šroub tvoří dvě měřicí plochy mikrometru
- ❖ Mikroskopický šroub má broušený jemný závit (stoupání 0,5 mm) a je pevně spojen s bubínkem se stupnicí -> Při každém otočení bubínku se stupnicí se mikroskopický šroub o 0,5 vyšroubuje nebo zašroubuje
- ❖ Mikroskopický šroub a bubínek se stupnicí tvoří pohyblivou (nastavitelnou část)
- ❖ Matice vnitřní pouzdro se stupnicí a třmen tvoří (pevnou část)
- ❖ Vnitřní pouzdro se stupnicí je v podélném směru rozděleno na celé a poloviny milimetru
- ❖ Aby se při měření zabránilo příliš silnému utáhnutí mikrometrického šroubu má mikrometr řehtačku, která je spojená pomocí pružné spojky (rohatka se západkou) s mikroskopickým šroubem -> Zajištění stejného tlaku mikroskopického šroubuje a zamezení poškození dotykových ploch (pro omezení možnosti poškození při vkládání a vyjímání obrobku bývají měřicí plochy opatřeny povlakem z tvrdokovu)

Zásady pro práci s třmenovým mikrometrem [7]:

❖ Postup měření

Obrobek se upne mezi měřicí plochy

Mikrometrický šroub se šroubuje "řehtačkou" dokud "neprokluzuje"

Mikrometr se zafixuje stavěcím kroužkem

Mikrometr se klouzavým pohybem sundá z obrobku



Odečte se hodnota

- ❖ Mikrometr je důležité správně držet! Měřidlo se musí držet pouze za třmen nebo držet opřený o část dlaně pod palcem a palcem nebo ukazováčkem otáčet bubínkem se stupnicí nebo řehťáčkou.
- ❖ Aby se vyloučili chyby při sériovém měření, způsobené teplem rukou, mikrometr se často upíná do přidržovacího stojánu.
- ❖ Mrtvý chod v závitu mikrometrického šroubu. Matice šroubu je v části drážkována a může se utáhnout pomocí šroubu se závitem, který dosedá na kuželovitý vnější závit matice, aby se odstranila vůle v závitu.

Zásady pro práci s mikrometrickými odpichy [7]:

- ❖ Měřit pečlivě: Měření rozměrů vnitřních je obtížnější než měření rozměrů vnějších. Chyby měření vznikají lehce šikmým nebo výstředným držením mikrometru. Mikrometrický odpich se musí nastavovat přesně v průměru a pouze kolmo k ose díry.
- ❖ Měřit s citem a opatrně, mikrometrický odpich netlačit mezi měřené plochy
- ❖ Po měření mikrometrický šroub a pevný dotek jemně namazat mazacím tukem.

Zásady pro práci s mikrometrickými hloubkoměry [7]:

- ❖ Postup měření  
Základní plocha přikládá celou plochou na přiloženou plochu obrobku  
Mikrometrický šroub se pomocí řehťáčky opatrně přisouvá k měřené ploše  
Zajistíme stavěcím šroubem  
Měřidlo vyjmeme  
Odečteme hodnotu
- ❖ Milimetrové dělení na pouzdru je opačné (zprava doleva)
- ❖ Chybná měření vznikají příliš velkým tlakem při měření na bubínek se stupnicí (základní plocha se nadzvedne od příložené plochy, aniž si toho všimneme)
- ❖ Dbejte především o čistý povrch obrobku bez poškrábání (odstranit třísky), jinak dochází k chybným měřením!



**Obr. 2.2:** Ukázka digitálního mikrometru [7]

### **Základní rovnoběžné měrky (viz obr. 2.3) [6]:**

Používají se pro měření v laboratořích, pro nastavování měřících přístrojů, kontrolu měřidel, pro dílenská měření s většími nároky na přesnost. Přesnost měření je 0,001 mm, přesnost rozměrů měrek je až 0,0002 mm. Vyrábějí se ve stupních přesnosti 0, 1, 2, 3 a označení je provedeno doplňkovou číslicí za číslem normy. Jednotlivé základní měrky jsou kalené destičky nebo hranolky vyrobené z nástrojové oceli. Rovinná přesnost a jakost povrchu po lapování je taková, že očištěné měrky k sobě dokonale přilnou. Pro dílenské měření se používají jako doplňkové příslušenství příložené měrky, které se dodávají ve dvojicích s jmenovitou tloušťkou 2 mm. Vyrábějí se ze slinutých karbidů, zvyšují životnost základních měrek a dávají se na konce složeného rozměru.

Zásady pro práci – před použitím se kontroluje kvalita měřících ploch a nakonzervované měrky se očistí benzínem ne éterem. Měrky a měřený předmět musí mít teplotu 20°C, pracuje se v rukavicích nebo s dřevěnou pinzetou. Měrky se sestavují nasunutím a rozměr se skládá z co nejmenšího počtu měrek (doporučuje se max. 5 měrek). Měrky nesmí zůstat delší dobu spojené (max.1 hod.), protože by došlo ke svaření za studena. Měrky se chrání před nárazem, prachem a vlhkostí, nesmí se pracovat na magnetické upínací desce. Po ukončení měření se provede konzervování vazelinou a měrky se uloží do kazety.



**Obr. 2.3:** Ukázka rovnoběžných měrek [6]

### **KALIBRY [6]:**

Jsou mezní měřidla. Používají se pro porovnávací měření otvorů a hřídelí v sériové a hromadné výrobě, kde je požadována vzájemná vyměnitelnost součástí při určitém uložení. Při měření se nezjišťuje absolutní hodnota rozměru, ale porovnává se skutečný rozměr součásti s dvěma mezními rozměry tzn. zjišťuje se, zda kontrolovaný rozměr je vyroben v předepsané toleranci. Mezní kalibry mají dobrou stranu a zmetkovou stranu. Dobrá strana kalibru (u válečkových kalibrů má delší funkční část) musí lehce projít přes díru nebo hřídel. Pokud dobrá strana nedojde, je možné kontrolovaný rozměr otvoru nebo hřídele opravit – jedná se o opravitelný zmetek. Zmetková strana kalibru bývá označena červenou barvou (u válečkových kalibrů má kratší funkční část) nesmí projít přes kontrolovaný rozměr, může se jen zachytit. Pokud zmetková strana projde, jedná se o neopravitelný zmetek. Kalibry mohou být pevné nebo stavitelné. Pevnými kalibry se měří jen jeden rozměr daného uložení. Po určitém čase dochází k opotřebení kalibru, ztrátě přesnosti a musí se vyřadit. Tuto nevýhodu nemají stavitelné kalibry jednostranné ploché nebo třmenové. Pro nastavení správného rozměru se musí použít kontrolní kalibr.

Druhy pevných kalibrů pro kontrolu otvorů:

- ❖ **Oboustranné válečkové kalibry** – používají se pro kontrolu malých průměrů
- ❖ **Jednostranné válečkové kalibry** – mají vyměnitelnou měřicí část. pro měření musí být dva kalibry – dobrý a zmetkový. Používají se pro kontrolu větších průměrů.
- ❖ **Ploché kalibry oboustranné nebo jednostranné** – používají se pro velké průměry.
- ❖ **Mezní odpichy** – mají kulové koncové dotyky. Pro každý průměr je sada dvou kusů – dobrý a zmetkový. Používají se pro měření průměrů větších než 250 mm.
- ❖ **Kuželové kalibry** – používají se pro kontrolu velkého průměru kuželové díry a zároveň se kontroluje kuželovitost na barvu.

### **Komparátory [6]:**

Jsou přístroje pro nepřímé délkové měření komparační (porovnávací) metodou. Vyznačují se vysokou přesností. Pro měření se používají komparátory mechanické, elektrické, vzduchové.

*Mechanické komparátory* – měřené hodnoty se přenášejí na stupnici přístroje pákovým převodem, ozubeným převodem, pružnou torzní páskou, kombinovaným převodem (pasometr – pákový a ozubený převod). Při měření se upínají do měřicího stojánku nebo upínacího přípravku. S výhodou se používají magnetické stojánky.

*Optické komparátory* (viz obr. 2.3) – využívají se pro měření v laboratořích při teplotě 20°C, teplota má vliv na přesnost měření. Převod je mechanicko-optický. Pohyb měřicího dotyku přenáší dvouramenná páka na otočné zrcátko. Paprsky světelného zdroje se odrážejí na matnici se stupnicí. Světelný paprsek se využívá jako rameno páky bez hmotností.

*Elektrické komparátory* – měřená odchylka se mění na elektrickou veličinu, která se obvykle po zesílení objeví na elektrickém měřicím přístroji s ručičkovým nebo digitálním ukazovatelem. Snímače elektrických komparátorů jsou elektrokontaktní, indukční, kapacitní, fotoelektrické.

*Vzduchové komparátory* – při změření měřeného rozměru se mění tlak vzduchu, hmotnostní tok protékajícího vzduchu nebo rychlost proudění vzduchu. Pneumatické měřicí přístroje se skládají ze zdroje stlačeného vzduchu, regulátoru tlaku, čističe vzduchu a měřicího zařízení. Snímače vzduchu jsou dotykové nebo bezdotykové.



**Obr. 2.3:** Ukázka optického komparátoru [6]

### 2.2.3. Délkoměry

Délkoměry slouží k přesnému měření a kontrole větších rozměrů (kontrola kalibrů, odpichů, měřících přípravků atd.). Měřicí metoda je zpravidla dotyková.

Dle konstrukce je můžeme rozdělit na [2]:

- ❖ **vertikální,**
- ❖ **horizontální.**

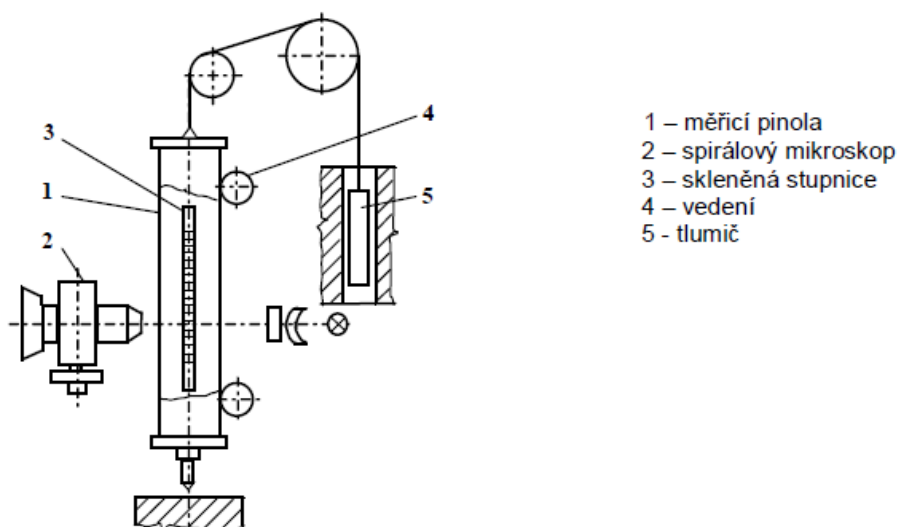
Mohou sloužit jako délkoměry pro měření:

- ❖ **porovnávací metodou s nastaveným rozměrem,**
- ❖ **přímou metodou.**

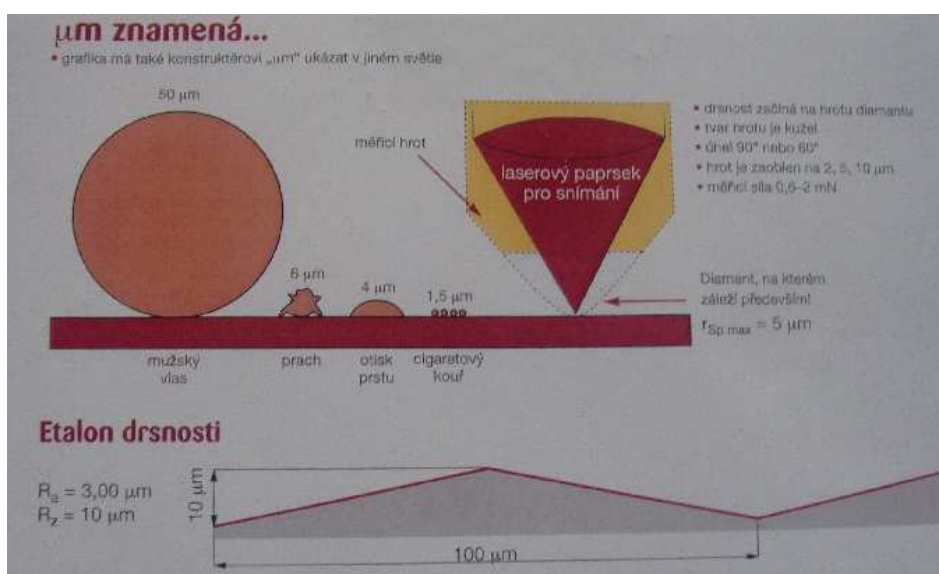
#### Abbého délkoměr [2]

- ❖ jedná se o vertikální délkoměr s absolutním i komparačním způsobem měření schéma (viz obr. 2.4).

- ❖ na měřicím trnu je připevněno skleněné měřítko o délce 100mm s milimetrovým dělením.
- ❖ poloha měřicího trnu se měří za pomoci zabudovaného mikroskopu s okulárem, který je proveden jako spirálový - (viz obr. 2.6) umožňuje odečítat na  $1\mu\text{m}$  (viz obr. 2.5).
- ❖ rychlost s jakou měřicí trn dosedá na stolek měřidla nebo měřenou součást je konstantní.



**Obr. 2.4:** Princip Abbého délkoměru [2]



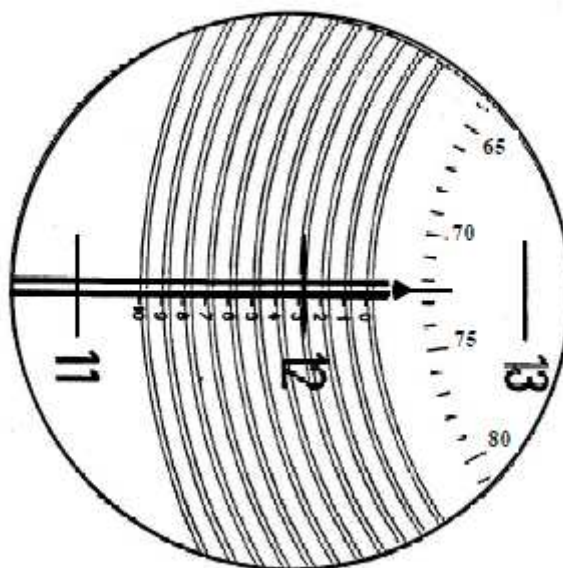
**Obr. 2.5:** Znázornění mikrometru [4]

**Popis spirálového nonia** (viz obr. 2.6) [2]:

- ❖ v okuláru je skleněné měřítko s dělením po 0,1mm a otočná destička, která se dá otáčet třecím převodem.
- ❖ na otočné skleněné destičce je dvojitou čarou naryta Archimedova spirála se stoupáním 0,1mm.
- ❖ destička je na okraji opatřena stupnicí se 100 dílky, takže pootočením destičky o 1 dílek se posune relativní čára spirály na pevném desetinném měřítku o jednu setinu, tj. o 1μm.

**Způsob odečítání** (viz obr. 2.6) [2]:

- ❖ do okuláru se promítá zvětšené měřítko v celých milimetrech.
- ❖ nejprve se odečte hodnota v milimetrech, tj. hodnota, která se nachází v poli spirály nonia (pro náš příklad 12 mm), dále se určí desetiny (pro náš příklad 0,2 mm).
- ❖ pak otáčíme noniem tak dlouho, až se ryska milimetrového měřítka nalézá mezi dvojitou čarou spirály, tím jsme otočili noniem o určitý počet dílků na kruhovém měřítku a můžeme určit tisícinovou část naměřené hodnoty (pro náš příklad 0,072(5)mm), výsledná hodnota odečtu: 12,272(5) mm.



**Obr. 2.6:** Spirálový nonius [2]

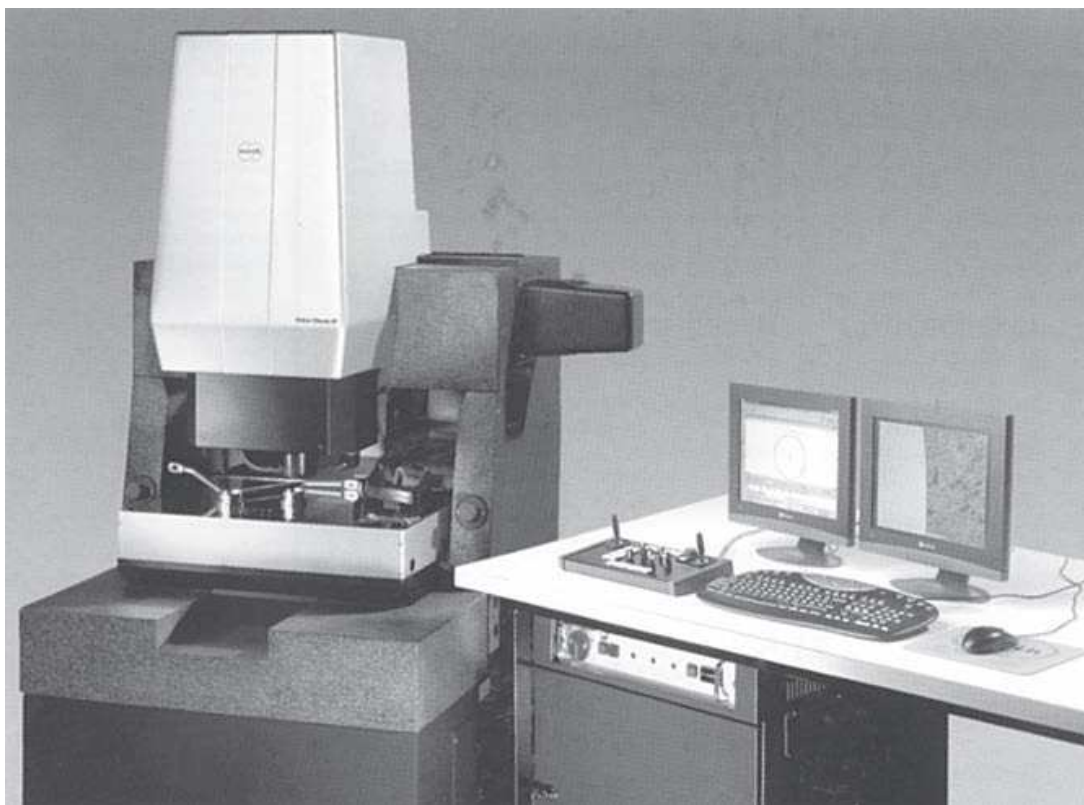
**Moderní měřicí přístroje například, VideoCheck HA (viz obr. 2.7) [8]:**

Jsou v současnosti nejpřesnější multisenzorové souřadnicové měřicí s  $E1 = (0,25 + L/900) \mu\text{m}$  popř.  $E1 = (0,5 + L/900) \mu\text{m}$  (při jedno- popř. dvousměrném snímání) nabízí doposud nedosaženou přesnost pro použití, jako kalibrace měřících prostředků, měření vysoce přesných výrobních dílů, mikroskopických tvarů a nářadí. Mechanická konstrukce z tvrdého granitu se speciálními vzduchovými ložisky s nízkými vibracemi, maximální rozlišení odměřovacího systému a konstrukční opatření proti hysterezi zaručují vynikající reprodukovatelnost výsledků měření v rozsahu 0,1 mikrometru a menší. „Kompletní“ korekce geometrických odchylek probíhá na základě maximálně přesného etalonu kalibrovaného Spolkovým fyzikálně technickým ústavem [8].

Přístroje jsou koncipovány jako moduly a dají se přesně přizpůsobit požadavkům uživatelů. Zpracování obrazu, laser a na celém světě nejmenší (průměr snímací kuličky až 10  $\mu\text{m}$ ) a nejpřesnější (odchylka při snímání 0,1  $\mu\text{m}$ ) dotykový senzor „Werth Fasertaster – WFP“ jsou součástí výbavy senzoru. I přes konstrukční opatření lze extrémní specifikace těchto přístrojů zaručit jen při dobrých teplotních podmínkách okolí. Dokonce i minimální lokální nebo časové kolísání teploty výrazně ovlivní přesnost výsledků měření. Metrologické zachycení takových výkyvů teploty menších než 0,1 K by nebylo na mnoha místech v souřadnicovém měřicím stroji a zvláště na dílci a v něm realizovatelné. Také jsou vlivy chyb vlastního měření teploty, jako rozlišení a nespolehlivost kalibrace, vedení tepla v místě kontaktu a zbytková chyba způsobená nezachycenými teplotními gradienty příliš velké. Kompenzace teploty má proto u této třídy přístrojů malý smysl. Je potřebná teplota dílců a měřicího přístroje v rozsahu 1/10 Kelvina [8].

Kromě jiných vlivů, jako např. tepelně podmíněné deformace měřicího stroje, změny délek senzorů apod., je tepelně podmíněná lineární odchylka při měření způsobená teplotou dílce a odměřovacího systému ze zkušeností nejdůležitějším zdrojem chyb. Proto je nezbytné při umístění měřících strojů do výroby použít odpovídající korekční opatření [8].





**Obr. 2.7:** Délkoměr VideoCheck HA [8]

### 3. Určování nejistot měření při kalibraci měřidel

#### 3.1. Chyby měření

Chyba měření je rozdíl mezi naměřenou hodnotou a hodnotou pravou, výsledek udáváme v jednotkách měřené veličiny [2]:

$$\varepsilon = y - x_o$$

#### Relativní chyba

Relativní chyba je poměr absolutní chyby měření a pravé (konvenčně pravé) hodnoty měřené veličiny [2]:

$$\delta = \frac{\varepsilon}{x_o} \text{ popř.: } \delta = \frac{\varepsilon}{x_o} \cdot 100[\%]$$

#### Náhodná chyba

Jsou způsobené příčinami náhodného charakteru co do velikosti a směru působení. Náhodné chyby mají při měření ve strojírenství nejčastěji Gaussovo (normální) rozdělení hustoty pravděpodobnosti výskytu. Určíme ji tak, že od výsledné hodnoty měření odečteme střední hodnotu, která by vznikla z nekonečného počtu měření téže veličiny uskutečněných za podmínek opakovatelnosti [2].

#### Systematická chyba

Střední hodnota, která vzniká z nekonečného počtu měření stejné měřené veličiny uskutečněných za podmínek opakovatelnosti, od které se odečte pravá hodnota měřené veličiny. Tato chyba může být způsobena např. zaokrouhlováním čtených hodnot na hodnoty vyšší nebo konstrukční nepřesnosti přístroje [1].

#### 3.2. Stanovení nejistot měření

Pojem nejistota měření je relativně nový a v současné době velmi aktuální. U akreditovaných pracovišť se dle mezinárodních norem, směrnic a pokynů evropských organizací jednoznačně vyžaduje, aby výsledky měření, ověření, kalibrace a zkoušení byly uvedeny s nejistotou dané procedury [2].

Nejistotou se rozumí parametr charakterizující rozsah (interval) hodnot kolem výsledku měření, který můžeme odůvodněně přiřadit hodnotě měřené veličiny, neboť vyjádření výsledků měření je úplné pouze tehdy, pokud obsahuje jak vlastní hodnotu měřené veličiny, tak i nejistotu měření patřící k této hodnotě (viz obr. 3.1). Může se týkat výsledku měření, ale také hodnot odečtených na použitých přístrojích, hodnot použitých konstant, korekce atd., na kterých nejistota závisí [2].

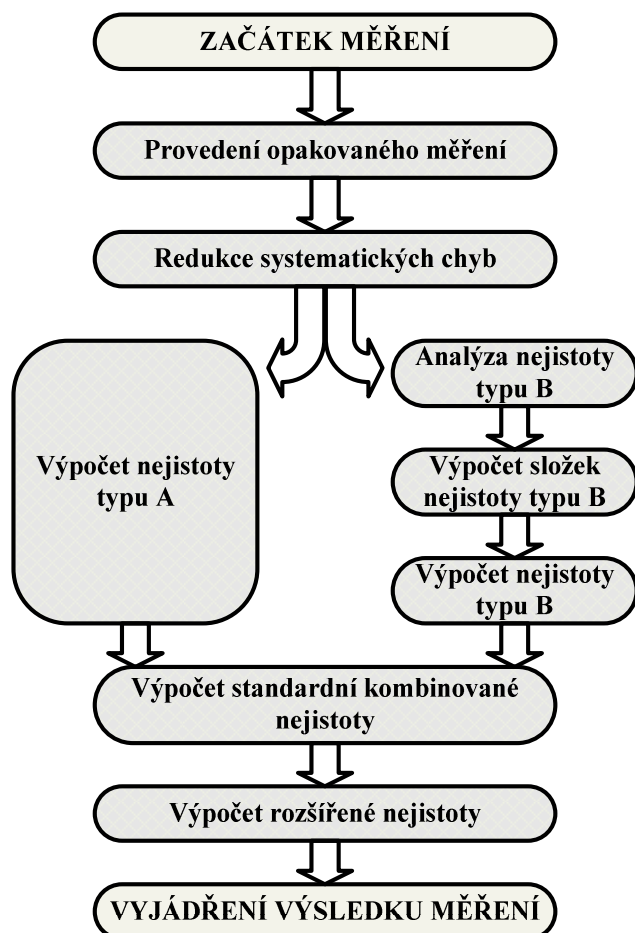


**Obr. 3.1:** Nejistota přidružená k hodnotě [4]

Při výpočtech vyhodnocení nejistoty měření je nejdůležitější vystihnout podstatu prováděného měření, ke kterému slouží sestavení grafického modelu měření. Grafický model zahrnuje vlivy, jenž mohou působit na výsledek měření (viz obr. 3.2). Vlivy jsou označovány jako zdroje nejistoty a způsobují, že výsledek měření nemůžeme charakterizovat pouze jedním číslem [3].

**V praxi existuje obecně mnoho zdrojů nejistot, mezi tyto patří:**

- ❖ Neúplná definice výstupní měřené veličiny,
- ❖ nesprávná realizace definice výstupní měřené veličiny,
- ❖ nesprávný odběr vzorků,
- ❖ nedostatečná znalost vlivu podmínek měření nebo nedokonalé změření,
- ❖ chyba čtení (při čtení údajů především u analogových prostředků),
- ❖ omezená rozlišitelnost měřícího prostředku,
- ❖ nepřesné hodnoty měřících standardů a referenčních materiálů,
- ❖ nepřesné hodnoty konstant a parametrů získaných z vnějších zdrojů,
- ❖ aproximace a předpoklady začleněné do měřících metod a postupů,
- ❖ kolísání hodnot měřené veličiny při opakovaných měřeních za stejných podmínek [3].



Obr. 3.2: Schéma vyjádření výsledku měření [4]

### 3.2.1. Stanovení nejistoty typu A

Postup pro stanovení nejistoty typu A lze použít tehdy, pokud bylo za stejných podmínek provedeno několik nezávislých pozorování vstupních veličin. Pokud je měření prováděno s dostatečným rozlišením, bude pozorovatelné rozptýlení získaných hodnot. Označme opakovanou měřenou vstupní veličinu  $X_i$  jako veličinu  $Q$ . Odhad  $x$  hodnoty veličiny  $Q$ , na základě  $n$  statisticky nezávislých pozorování ( $n > 1$ ), je dán aritmetickým průměrem individuálních napozorovaných hodnot  $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) [1]:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

### Nejistota měření spojená s odhadem $\bar{x}$ se stanoví [1]:

Odhad rozptylu pravděpodobnostního rozdělení hodnot je výběrový rozptyl  $s^2(x)$  hodnot  $x_j$ , který je stanoven dle vztahu:

$$s^2(x) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2)$$

Kladná odmocnina takto stanoveného rozptylu je označována jako výběrová směrodatná odchylka. Nejlepší odhad rozptylu aritmetického průměru  $\bar{x}$  je výběrový rozptyl aritmetického průměru stanovený dle vztahu:

$$s^2(\bar{x}) = \frac{s^2(x)}{n} \quad (3)$$

Jeho (kladná) druhá odmocnina je pak označována jako výběrová směrodatná odchylka průměru. Standardní nejistota  $u(x)$  odhadu  $\bar{x}$  je pak rovna výše uvedené experimentální směrodatné odchylce průměru:

$$u(\bar{x}) = s(\bar{x}) \quad (4)$$

### 3.2.2. Stanovení nejistoty typu B

Postup pro stanovení standardní nejistoty typu B je založen na stanovení nejistoty vztahující se k odhadu  $x_i$  vstupní veličiny  $X_i$  jiným způsobem než statistickou analýzou série pozorování. Příslušná standardní nejistota  $u(x_i)$  je určena odborným úsudkem na základě všech dostupných informací o možné variabilitě veličiny  $X_i$  [1].

#### Nejistoty náležící do této kategorie mohou být odvozeny na základě [1]:

- ❖ Údajů z dříve provedených měření,
- ❖ údajů výrobce,
- ❖ zkušenostmi s chováním a vlastnostmi příslušných materiálů a zařízení nebo jejich obecné znalosti,
- ❖ údajů uváděných v kalibračních listech nebo jiných certifikátech,
- ❖ nejistot referenčních údajů převzatých z příruček.

### Rozlišujeme následující případy [1]:

- a) Pokud je pro veličinu  $X_i$  známá pouze jedna hodnota, jako je např. jedna naměřená hodnota, výsledná hodnota z předchozích měření, referenční hodnota z literatury nebo korekční hodnota, použije se tato hodnota za odhad  $x_i$ . Standardní nejistota  $u(x_i)$  náležící k této hodnotě musí být převzata ze stejného zdroje.
- b) Pokud lze na základě teorie nebo zkušenosti předpokládat pro veličinu  $X_i$  určité pravděpodobnostní rozdělení, je třeba použít odhad  $x_i$  příslušnou očekávanou hodnotu a za příslušnou standardní nejistotu  $u(x_i)$  odmocninu rozptylu tohoto rozdělení.
- c) Pokud lze pro hodnotu veličiny  $X_i$  odhadnout pouze horní a dolní limit  $a_+; a_-$  (např. údaj výrobce pro měřící zařízení, rozmezí teplot, zaokrouhlovací chyby nebo chyby vznikající zkracováním při automatické redukci dat), je třeba použít pro popis její variability rovnoměrného rozdělení. Dle výše uvedeného případu (b) dostáváme vztah:

$$x_i = \frac{1}{2}(a_+ + a_-) \quad (5)$$

pro odhad hodnoty a vztah:

$$u^2(x_i) = \frac{1}{12}(a_+ - a_-)^2 \quad (6)$$

pro druhou mocninu standardní nejistoty.

### 3.2.3. Stanovení kombinované nejistoty

Po stanovení nejistot typu A a B je pak možné stanovit kombinovanou standardní nejistotu ze vztahu [1]:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (7)$$

### 3.2.4. Stanovení rozšířené nejistoty

V rámci EAL bylo rozhodnuto, že kalibrační laboratoře akreditované členy EAL musí uvádět **rozšířenou nejistotu měření**  $U$ , stanovenou vynásobením standardní nejistoty  $u(x)$  odhadu  $y$  koeficientem rozšíření  $k$  [1]:

$$U = k * u(x) \quad (8)$$

V případech, kdy lze usuzovat na normální (Gaussovo) rozdělení měřené veličiny a kdy standardní nejistota odhadu  $x$  je stanovena s dostatečnou spolehlivostí, je třeba použít standardní koeficient rozšíření  $k=2$ . Takto stanovená rozšířená nejistota odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95%. Tyto podmínky jsou splněny ve většině případů, s kterými se lze setkat při kalibracích [1].

### **3.2.5. Vyjádření nejistoty měření**

V kalibračních listech je nutné celkový výsledek měření, skládající se z odhadu  $y$  a tomu náležící rozšířené nejistoty  $U$ , uvádět ve tvaru  $(y \pm U)$ . K tomuto vyjádření musí být v běžných případech připojena vysvětlující poznámka ve tvaru [1]:

*Uvedená rozšířená nejistota měření je součinitelem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření  $k=2$ , což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnostnímu pokrytí asi 95%. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA4/02[1].*

## **4. Návrh metodiky kalibrace vybraných kroužků**

### **4.1. Zákon o metrologii a související předpisy**

#### **Zákon č.119/2000 Sb. - o metrologii**

Právním základem metrologie je zákon č.219/2000 Sb. – o metrologii s poslední změnou 226/2003 Sb. Účelem zákona je úprava práv a povinností fyzických osob, které jsou podnikateli, a právnických osob a orgánů státní správy, a to v rozsahu potřebném k zajištění jednotnosti a správnosti měřidel a měření [5]. Subjekty a orgány státní správy jsou povinny používat základní měřicí jednotky, jejich označování, násobky a díly, stanovené vyhláškou. Základními měřicími jednotkami jsou: jednotka délka – metr (m), jednotka hmotnosti – kilogram (kg), jednotka času – sekunda (s), jednotka elektrického proudu – ampér (A), jednotka termodynamické teploty – kelvin (K), jednotka látkového množství – mol (mol), jednotka svítivosti – kandela (cd) [2].

#### **Vyhláška č.262/2000 Sb. - Ministerstva průmyslu a obchodu**

Vyhláška zajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření. Vyhláška obsahuje např. Postup při schvalování typu stanovených měřidel, Náležitosti certifikátu a značky schválení typu, Omezení schválení typu, Postup při ověřování, Dobu platnosti ověření, Autorizaci metrologických středisek a další[5].

### **4.2. Popis a použití vybraných kontrolních kroužků v závodě**

#### **4.2.1. Popis kontrolních kroužků**

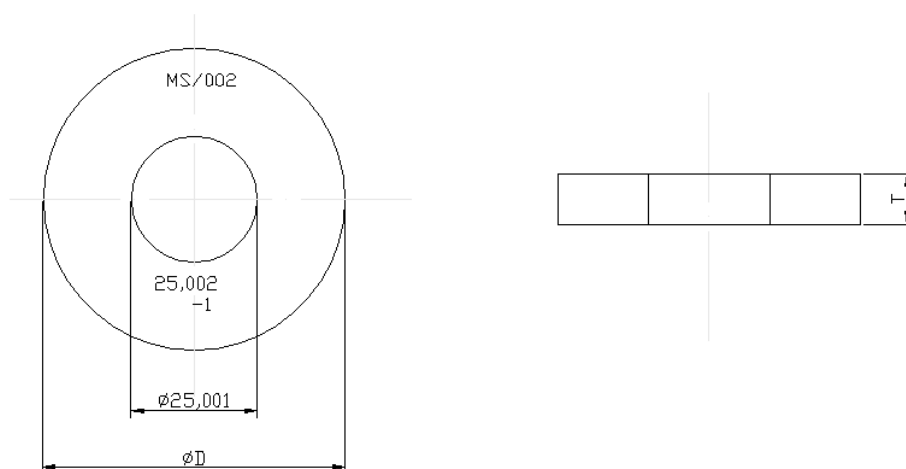
Mnou zvolené vnitřní a vnější kontrolní kroužky slouží jako pracovní etalony v závodě Koyo Bearings a používají se ke kontrole a nastavování UD měřidel ve výrobě pro kontrolu průměrů, ovality a odchylek kruhovitosti vyrobených vnitřních a vnějších kroužků do ložisek určených k jejich kompletaci.

Ještě než dojde ke kontrole vnitřních a vnějších ložiskových kroužků na UD měřidle podle kontrolních (nastavovacích) kroužků (viz. obr. 4.1), jsou tyto vyráběny z ocelových tyčí, soustruženy na požadované rozměry, kaleny do solné lázně. Následně dochází ke kontrole na UD měřidle, dále pak dokončovacími operacemi broušením, soustružením, konzervací, balením a expedicí k zákazníkovi.



Vnitřní a vnější kontrolní kroužky je třeba před nastavením UD měřidla ve výrobě zkalibrovat a to v metrologické laboratoři, na velmi přesném měřidle a to délkoměru, který má firma k těmto účelům pronajatý od výrobce.

Množství vnitřních a vnějších kontrolních kroužků, které je potřeba pravidelně kalibrovat v daných rekalibračních intervalech je dán šířkou výrobního sortimentu ložisek. Jedná se o celkové množství 4700 ks kontrolních kroužků a to v rozměrech. Vnitřní kroužky (5 – 200 mm), vnější kroužky (5 – 200mm).



**Obr. 4.1:** Kontrolní kroužek pro vnitřní měření[4]

Průměr kontrolních kroužků pro vnitřní a vnější měření je definován v ose rysek a ve výšce 3mm od neznačené strany kroužku, kde se také provádí kontrolní měření.

**Každý vnitřní a vnější kontrolní kroužek je řádně značen:**

- ❖ Na horní části evidenčním číslem (např. MS/0002).
- ❖ Na spodní části pak číslem udávající velikost průměru v mm a toleranci v  $\mu\text{m}$  (např. 25,002 / -1).
- ❖ Červenými ryskami v místě měření (pro snadší orientaci).

Důležitým a směrodatným rozměrem u vnitřních nebo vnějších kroužků je jejich průměr. Tloušťka T a průměr D se při kalibraci neměří.

#### 4.2.2. Přehled zvolených kroužků určených ke kalibraci

Ke kalibraci byly vybrány kontrolní kroužky a to pro vnitřní měření, tak i pro vnější měření (viz. Tab. 4.1). Ze stovek kontrolních kroužků byly vybrány ty, které se v daném výrobním období používaly nejčastěji, kdy hrozilo jejich mechanické poškození a bylo tedy rozhodnuto o jejich kalibraci, abychom zjistili zda jejich uváděná hodnota je stále v předepsaných mezích nebo nikoli. Celý postup kalibrace je popsán v interním dokumentu KP.2.3/07/08/S, který je k tomuto brán, ovšem je tento pouze jako informativní, jelikož jsou zde body, které bylo potřeba upravit.

**Tabulka 4.1:** Přehled zvolených kroužků určených ke kalibraci.

Vnitřní kroužky	Číslo měřidla	Vnější kroužky	Číslo měřidla
Ø 25,002 (-1 µm)	MS/0002	Ø 25 (±0 µm)	OSL/4321
Ø 50 (±0 µm)	MS/0004	Ø 50 (±0 µm)	OSL/1316
Ø 100,003 (-1 µm)	MS/0006	Ø 100 (-3 µm)	OSL/4750

Všechny používané kontrolní kroužky jsou evidované v programu PALSTAT, který je nezbytnou součástí před nejakostní produkcí, slouží k eliminaci chyb a tím i úsporu času v evidenci měřidel a informacích o nich. Jsou zde uloženy veškeré měřidla, kalibry, etalony používané v závodě. Dále program automaticky sleduje dobu od poslední kalibrace a v souladu s požadavky norem toto vyhodnocuje a v případě blížícího se vypršení doby kalibrace, upozorní pracovníka a ten dle inventárního čísla v programu dohledá měřidlo a provede nebo zadá příslušnou kalibraci měřidla (viz. obr. 4.2).

##### Kalibrace:

Platnost kalibrace do: 31.3.2010	Kalibrační etalon: Mahr 99 106
Jmenovitá hodnota: 32,020	Naměřená odchylka v µm: 1
Vyhovuje: ANO	Hodnotil: F
Záznam o použití:	

Podmínky měření:	Teplota vzduchu 20°C ±0,2 °C Změna teploty během měření max.0,2 Relativní vlhkost 20-50%
Poznámka	

**Obr. 4.2:** Náhled z programu PALSTAT na vybrané měřidlo [4]

Jak již bylo zmíněno, tento program plně řídí a hlídá doby kalibrací měřidel, etalonů. Jednotlivé informace jsou intuitivně znázorněny v plně přehledném a rychle dohledatelném rozhraní (viz. obr. 4.3).

Číslo měřidla	Název	Typ	Platí do	Stav	Rozměr	Kód	Typ	Výrobní číslo	Umístění	Platí do	Osobní d...	Jméno u
OSL/0212	Nastavovací kroužek	Aktivní			27,762	20100611094434	vnitřní			30.9.2011	001	Výdejna
OSL/0213	Nastavovací kroužek	Aktivní			21,150	09	vnitřní		Výdejna brusina	30.9.2011	001	Výdejna
OSL/0214	Nastavovací kroužek	Aktivní			21,150	09	vnitřní		Výdejna brusina	30.9.2011	001	Výdejna
OSL/0215	Nastavovací kroužek	Aktivní			21,150	2007731111310	vnitřní		Výdejna brusina	30.9.2011	001	Výdejna
OSL/0216	Nastavovací kroužek	Aktivní			44,965	09	vnitřní		Výdejna brusina	30.9.2011	001	Výdejna
OSL/0217	Nastavovací kroužek	Aktivní			44,965	09	vnitřní		Výdejna brusina	30.9.2011	001	Výdejna
OSL/0218	Nastavovací kroužek	Aktivní			44,965	09	vnitřní		Výdejna brusina	30.9.2011	001	Výdejna
OSL/0219	Nastavovací kroužek	Aktivní			40,016	200933092836	vnitřní			30.9.2011	001	Výdejna
OSL/0220	Nastavovací kroužek	Aktivní			40,016	20094181843	vnitřní			30.9.2011	001	Výdejna
OSL/0221	Nastavovací kroužek	Aktivní			40,016	200932732249	vnitřní		Výdejna brusina	30.9.2011	001	Výdejna
OSL/0222	Nastavovací kroužek	Neaktivní			40,040	2009441243	vnitřní		Metrologie		001	Výdejna
OSL/0223	Nastavovací kroužek	Aktivní			40,040	20110421130158	vnitřní			30.9.2011	001	Výdejna
OSL/0224	Nastavovací kroužek	Aktivní			40,040	2007331124038	vnitřní			30.9.2011	001	Výdejna
OSL/0225	Nastavovací kroužek	Vyřazeno			15,000	08	vnější		Výdejna brusina		001	Výdejna
OSL/0226	Nastavovací kroužek	Aktivní			15,000	20110125224050	vnější			31.10.2011	001	Výdejna
OSL/0227	Nastavovací kroužek	Vyřazeno			15,000	08	vnější		Výdejna brusina		001	Inventur
OSL/0228	Nastavovací kroužek	Aktivní			15,000	20110223075746	vnější			31.10.2011	001	Výdejna
OSL/0229	Nastavovací kroužek	Aktivní			18,000	20090519205508	vnější		Výdejna brusina	31.5.2011	001	Výdejna
OSL/0230	Nastavovací kroužek	Aktivní			18,000	20110404041514	vnější			31.5.2011	001	Výdejna
OSL/0231	Nastavovací kroužek	Aktivní			18,000	20110414212324	vnější			31.5.2011	001	Výdejna
OSL/0232	Nastavovací kroužek	Aktivní			41,000	2006111111111	vnější		Výdejna brusina	28.2.2012	001	Výdejna
OSL/0233	Nastavovací kroužek	Aktivní			41,000	200813123376	vnější		Výdejna brusina	28.2.2012	001	Výdejna
OSL/0234	Nastavovací kroužek	Aktivní			41,000	200912015041	vnější		Výdejna brusina	28.2.2012	001	Výdejna
OSL/0235	Nastavovací kroužek	Aktivní			43,000	20110124153103	vnější			31.10.2011	001	Výdejna
OSL/0236	Nastavovací kroužek	Neaktivní			43,000	20100524101134	vnější		Výdejna brusina		005	Metrolog
OSL/0237	Nastavovací kroužek	Neaktivní			43,000	20100506091509	vnější				001	Výdejna
OSL/0238	Nastavovací kroužek	Aktivní			45,940	2007112184412	vnější		Výdejna brusina	31.10.2011	001	Výdejna
OSL/0239	Nastavovací kroužek	Aktivní			45,940	08	vnější		Výdejna brusina	31.10.2011	001	Výdejna
OSL/0240	Nastavovací kroužek	Aktivní			45,940	200691082517	vnější		Výdejna brusina	31.10.2011	001	Výdejna
OSL/0241	Nastavovací kroužek	Aktivní			61,750	20090817210426	vnější		Výdejna brusina	31.10.2011	001	Výdejna
OSL/0242	Nastavovací kroužek	Aktivní			61,750	20101007050116	vnější			30.11.2011	001	Výdejna
OSL/0243	Nastavovací kroužek	Aktivní			50,100	09	vnitřní		Výdejna brusina	30.4.2012	001	Výdejna
OSL/0244	Nastavovací kroužek	Aktivní			50,100	09	vnitřní		Výdejna brusina	30.4.2012	001	Výdejna
OSL/0245	Nastavovací kroužek	Aktivní			50,100	09	vnitřní		Výdejna brusina	30.4.2012	001	Výdejna
OSL/0246	Nastavovací kroužek	Aktivní			39,500	08	vnější		Výdejna brusina	31.1.2012	001	Výdejna
OSL/0247	Nastavovací kroužek	Aktivní			39,500	20100130082901	vnější		Výdejna brusina	31.1.2012	001	Výdejna
OSL/0248	Nastavovací kroužek	Aktivní			39,500	200721973021	vnější		Výdejna brusina	31.1.2012	001	Výdejna
OSL/0249	Nastavovací kroužek	Aktivní			104,700	08	vnější		Výdejna brusina	31.1.2012	001	Výdejna
OSL/0250	Nastavovací kroužek	Aktivní			160,050	200871594117	vnější		Výdejna brusina	31.3.2012	001	Výdejna
OSL/0251	Nastavovací kroužek	Aktivní			104,700	20075421959	vnější		Výdejna brusina	31.1.2012	001	Výdejna

Obr. 4.3: Program PALSTAT – evidence měřidel [4]

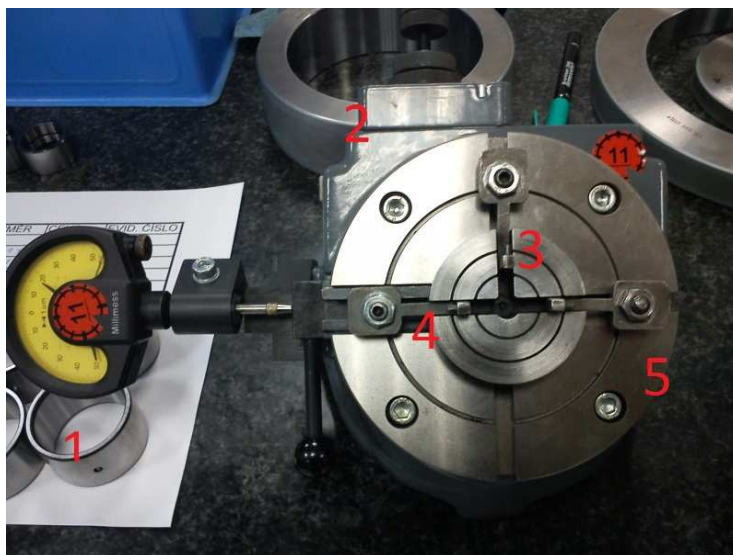
### 4.2.3. Dílenské UD měřidlo pro kontrolu kroužků a jeho umístění ve výrobě

Jedná se o klasické měřidlo typu UD s jedním pohyblivým dotykem. Na skoseném litinovém soklu je čtyřmi šrouby přišroubována základová deska, na které je připevněn celý měřicí mechanismus včetně ovládacích prvků (viz. obr. 4.4). Na přední straně měřicí desky je postupně zleva [4]:

- ❖ - šroub pro upnutí snímače při měření vnějšího průměru
- ❖ - aretační šroub s kontramatkou
- ❖ - šroub pro upnutí snímače při měření vnitřního průměru

Na pravé straně měřidla je umístěna rukojeť, ovládající přímo paralelogram s pohyblivým dotykem, sloužící k oddálení tohoto dotyku při výměně měřené součástky. Dále je na pravé straně základové desky otvor pro vložení snímače při měření vnitřního průměru.

Na levé straně je v základové desce otvor pro vložení snímače při měření vnějšího průměru. Na zadní stěně je otvor, v němž je možno pomocí šroubováku nastavit smysl a velikost měřicí síly buď pro měření vnitřních nebo vnějších průměrů. V základové desce je zprava vyfrézováno vybrání pro paralelogram, jež nese pohyblivý dotyk a dále 3 T-drážky pro upnutí pevných dotyků. Povrch základové desky je graficky rozčleněn soustřednými kružnicemi za účelem snadnějšího středění měřené součástky. Komunální náradí sestává ze tří dotyků, jež jsou tvořeny rolnami o průměru 20 mm. Tyto dotyky jsou upínány pomocí matic, distančních podložek a šroubů do T-drážek. V zakázkovém provedení je měřidlo dodáváno s typovým náradím, zkonstruovaným na základě konkrétního průměru měřené součásti, které umožňuje rychlejší a plynulejší měření zejména v sériové výrobě [4].



**Obr. 4.4:** Části UD měřidla [4]

**1** – číselníkový úchylkoměr; **2** – litinový sokl; **3** – aretační šroub; **4** – pevný dotyk;  
**5** - pohyblivý dotyk

#### **Technické parametry[4]:**

Typové označení:	UD 100 / 189
Měřené parametry:	průměry, ovalita, kuželovitost, radiální házení, nekolmost a házení k čelu
Způsob měření/metoda:	statický, dynamický / komparační
Hmotnost mechaniky:	5,1 kg
Rozměry (VxŠxH):	155 x 195 x 120 mm
Snímač:	číselníkový úchylkoměr

Upínací průměr snímače (úchylkoměru): Ø8H7 mm

### Průměrový rozsah měřených součástí

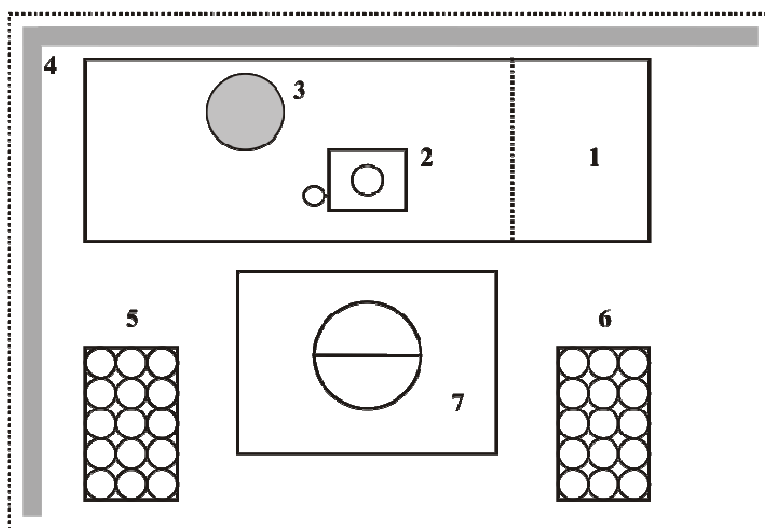
Vnější/vnitřní: 20 až 100 mm / 30 až 110 mm

### Provozní podmínky

Teplota: 19-26°C

UD měřidlo v provozu plní význam jako komparační měřidlo a je umístěno na pracovištích k tomuto určených, kde se provádí mezioperační kontrola (např. kontrola po broušení atd.). Tyto pracoviště jsou ergonomicky uspořádány (viz. obr. 4.5), aby kontrola byla plynulá a co nejefektivnější. Skládá se:

- ❖ Ze stolku, na kterém je umístěno UD měřidlo.
- ❖ Stůl je řádně osvětlen, aby byla zaručena dobrá viditelnost na číselníkový úchylkoměr.
- ❖ Po obou stranách obsluhujícího operátora jsou umístěny odkládací přepravky s kroužky.
- ❖ Z toho na jedné straně jsou palety s kusy ke kontrole a straně druhé paleta prázdná pro kusy po kontrole.



**Obr. 4.5:** Leyaut pracoviště [4]

1 – pracovní stůl; 2 – UD měřidlo; 3 – osvětlení; 4 – oplocení pracoviště; 5 – paleta s kroužky ke kontrole; 6 – paleta s kroužky po kontrole; 7 – operativní prostor operátora

#### 4.2.4. Délkoměrem ULM OPAL 600

Tento přístroj (viz. obr. 4.6), který se nachází v metrologické laboratoři slouží k velkému možnému množství měření díky nabízenému sortimentu a příslušenství. Vyznačuje se vynikající přesností měření, dlouhé přímé a maximální měřicí rozsahy, příslušenství umožňující nastavení na konkrétní přesné měření, jednoduché a přehledné menu.

##### Vlastnosti [4]:

- ❖ Měřicí systém x-osa: high-přesné skleněné měřítko měřicí prvek.
- ❖ 100% souladu s pravidlem srovnávací Abbého komparátoru.
- ❖ Integrovaný systém měření teploty a nulový bod stabilizace.
- ❖ Konstantní měřicí síla v celém rozsahu nastavení měřicího pístu.
- ❖ Pracovní stůl přesně veden ve směru osy Z s velkým rozsahem seřízení a vysoké zatížení stolu, stejně jako digitální měřicí systém v ose z.
- ❖ Vzduchové ložiskové jednotky pro rychlý a snadný pohyb měřicích prvků a koníku.
- ❖ Rychlé a snadné měření hodnoty generování díky dynamickému měření hodnoty pořízení.

##### Aplikace [4]:

- ❖ Kontrola zástavy a měřicích zařízení (mimo jiné, válcové a kuželové závity, koncové měrky, svíčky, ozubení zástavy, dvě čárky vnitřní měřicí přístroje).
- ❖ Vysoce přesná délka měření na přesných dílech, vnitřní závitů, kruhovitosti, převodové hřídele, ozubená kola, průměry kroužků, velké množství příslušenství a komponent sad, modulární systém pro řešení většiny různých měřicích úloh, závity, ozubená kola, válce. atd.

##### Popis [4]:

- ❖ Žulové základní lůžko.
- ❖ Měřicí prvek se skleněnou stupnicí a měření síly systému.
- ❖ Prostý koník s lokalizací brk.
- ❖ Vzduchové ložisko.
- ❖ Rozsáhlé, univerzální kontakty a upínací prvky (částečně zahrnuté do sady příslušenství potřebné pro měření vašeho řešení) v modulární, rozšiřitelný systém.



**Obr. 4.6:** Délkoměrem ULM OPAL 600 [4]

**Technické údaje [4]:**

konstrukce:	komparátor s vodorovným základním ložem z kamene
odměřovací systémy:	osa X - délkoměrný systém s procházejícím světlem ZEISS osa Z - otevřený lineární měřicí systém
pohon:	motor s permanentním magnetem pro motorické výškové přestavení stolu ve třech rychlostních stupních
ovládání:	- pohyb měřicí pinoly manuálně - motorické přestavení stolu pomocí tlačítek - měřicí element a opěrné ložisko pomocí vzduchových ložisek
měřicí objekt:	max. 25 kg

## **Měřicí rozsahy [4]:**

vnější měření:

přímé: 0-100 mm

diferenční 0-640 mm

vnitřní měření:

s měřicími třmeny do hloubky vnoření 14 mm: 10-485 mm

s měřicími třmeny do hloubky vnoření 5 mm: 4,3-480 mm

## **4.3. Příprava na měření**

### **4.3.1. Prostředky potřebné ke kalibraci**

K samotné kalibraci kontrolních kroužků je zapotřebí teploměr, čisticí prostředky, komparátor Abbého typu délkoměr ULM OPAL 600, etalonový kroužek HOMMEL MS/0001 o průměru 49,999 mm.

#### **Čisticí prostředky**

Na čištění měřené součástky použijeme lékárenský benzín a optickou utěrku, popřípadě konzervační olej pro odstranění hrubších nečistot.

#### **Digitální teploměr**

Teplota měření bude zachycována digitálním teploměrem s měřicím rozsahem 18 až 22°C (s dílkem stupnice 0,1 °C), který bude umístěn v těsné blízkosti měřených kroužků a upevněn na měřicí desku a současně napojen na řídicí systém délkoměru.

#### **Příprava kontrolních kroužků na měření**

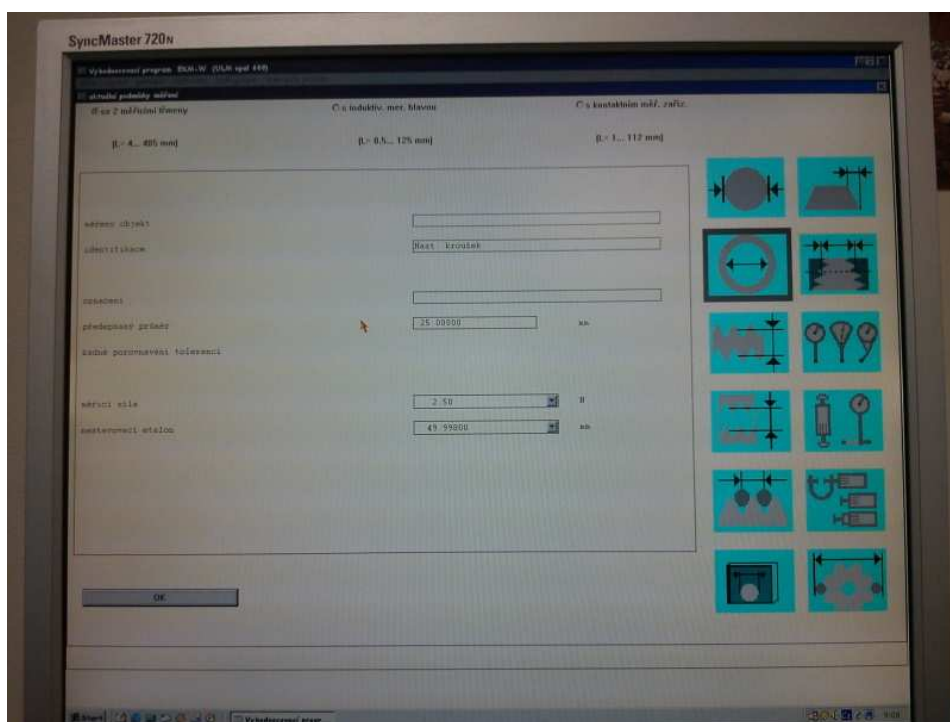
Musíme dbát na to, aby kontrolní kroužek určený ke kalibraci neměl na měřené ploše viditelné poškození (vrypy) a byl bez stop koroze, dále byl řádně označen jmenovitou hodnotou a evidenčním číslem.

Kontrolní kroužek očistíme od nečistot a konzervačních prostředků umytím v lékárenském benzínu a měřená plocha se důkladně přešetří optickou utěrkou. Z důvodu teplotního ustálení kontrolního kroužku byly tyto úkony vykonány 24 hodin před samotným měřením, tím se přes noc teplotně stabilizovala na teplotu laboratoře na průměrné desce umístěné vedle délkoměru, aby teplotní ustálení bylo shodné s měřidlem, to samé bylo vykonáno i s etalonovým kroužkem.



### 4.3.2. Nastavení délkoměru na měření

Pro naše měření kontrolních kroužků jak vnitřních tak i vnějších je délkoměr vybaven nastavci pro vnitřní a vnější měření. Kompletní montáž jednotlivých nastavců je nutné provádět cca. 1 hod. před samotným započítím měření a to z důvodu teplotního ustálení těchto nastavců. Spolu s tímto je také potřeba provést kalibraci měřidla pomocí etalonového kroužku. Délkoměr je vybaven na jedné straně závažím v rozmezí 1 až 3 N. síla závaží se volí dle velikosti měřených kroužků v našem případě byla zvolena hodnota 2,5 N a tato byla nastavena i při kalibraci pomocí etalonového kroužku. K ovládání délkoměru slouží panel, kde se tlačítka můžeme volit (mikroposuv, pomalý chod a rychlý chod) a dále je zde ovládací plně intuitivní menu (viz. obr. 4.7).

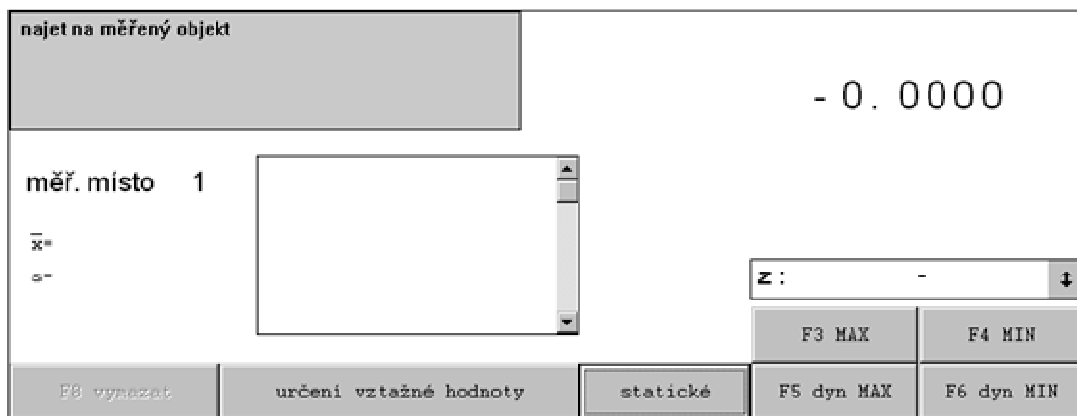


Obr. 4.7: Náhled na ovládací program délkoměru

Pokud máme takto nastavený délkoměr je potřeba pro naše druhy měření kontrolních kroužků zvolit vhodné nastavce a to nastavce pro měření vnějších a vnitřních kroužků. Tyto nastavce je potřeba dle daného manuálu k přístroji namontovat a také seřídít hodnoty os X a os Z na nulové hodnoty.

### Seřízení nástavců na měření vnějších kontrolních kroužků (průměrů)

- ❖ Volba nástavců pro měření vnějších kroužků s označením R 25 mm s kulovou plochou.
- ❖ Připevníme k pinolám a utáhneme proti pohybu.
- ❖ Pomocí šroubováku nastavíme souosost v ose X a Z.
- ❖ Toto je vizuálně znázorněno na displeji a při správném nastavení hodnota zezelená.
- ❖ Toto se provádí pro každou osu zvlášť.
- ❖ Tím je nastavena souosost nástavců, které jsou v tu chvíli u sebe a hodnota na displeji ukazuje nulu (viz. obr. 4.8).



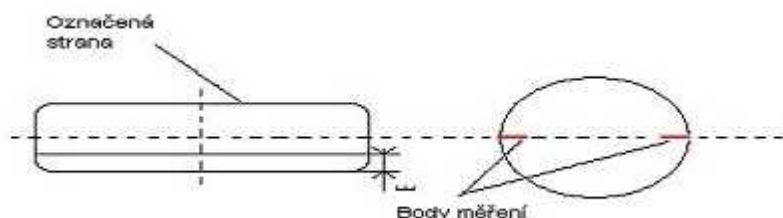
**Obr. 4.8:** Nulová hodnota při správném seřízení nástavců [4]

### Seřízení nástavců na měření vnitřních kontrolních kroužků (průměrů)

- ❖ Volíme nástavce pro měření vnitřních kroužků s hloubkou vnoření až 14 mm.
- ❖ Připevníme k pinolám a utáhneme proti pohybu.
- ❖ Pomocí šroubováku nastavíme souosost v ose X a Z.
- ❖ Toto je vizuálně znázorněno na displeji a při správném nastavení hodnota zezelená.
- ❖ Toto se provádí pro každou osu zvlášť.
- ❖ Tím je nastavena souosost nástavců, které jsou v tu chvíli u sebe a hodnota na displeji ukazuje nulu.

Dále bylo potřeba nastavit výšku stolku, na kterém budou umístěny měřené kroužky, tak aby tato hodnota byla 3 mm (viz obr. 4.9), jelikož měření na UD měřidle je prováděno právě v této výšce. Je potřeba nastavit nástavce na tuto výšku od magnetické podložky a to pomocí koncových měrek, které jsem umístil na magnetickou podložku a pomalým

mikroposuvem najel na hodnotu měřky a v ovládacím programu jsem provedl nulování osy Z a tím si nastavil požadovanou výšku, která při každém oddálení a zpětném najetí ke kroužku byla rychle a přesně nastavena.



**Obr. 4.9:** Znázornění výšky měření

### 4.3.3. Nachystání teploměru

U obou případů měření a to měření vnitřních a vnějších kontrolních kroužků je digitální teploměr umístěn na stolku za délkoměrem, aby byla zaručena dobrá viditelnost na jeho displej. Čidlo pro měření teploty bylo umístěno co nejbližší měřeným kroužkům a uchyceno na magnetickou podložku., kde byla umístěna měřená součástka.

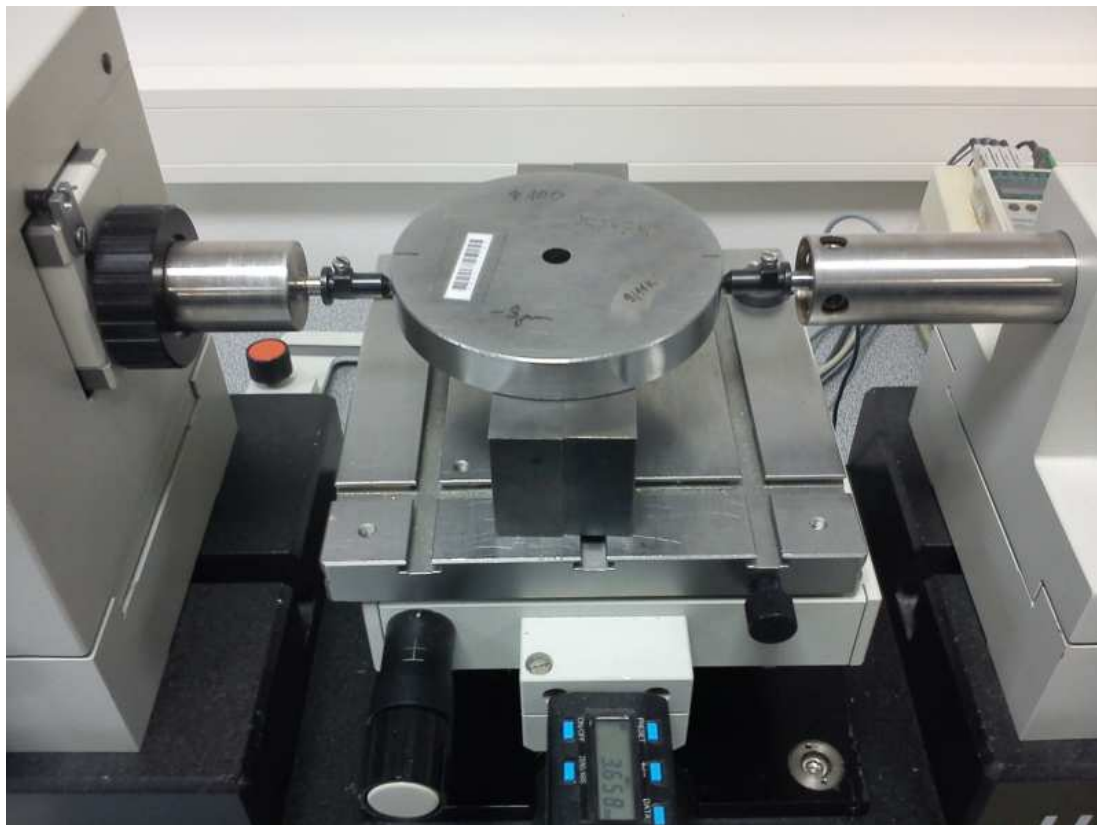
## 4.4. Návrh metody kalibrace

Po splnění všech kroků uvedených v předchozích bodech je možné začít uvažovat o samotné metodice měření kontrolních kroužků. Musíme se hlavně vyvarovat zbytečných chyb měření a snažit se je eliminovat na minimum. Největší pozor musíme dát na chyby způsobené změnou teploty okolí a přítomností obsluhy.

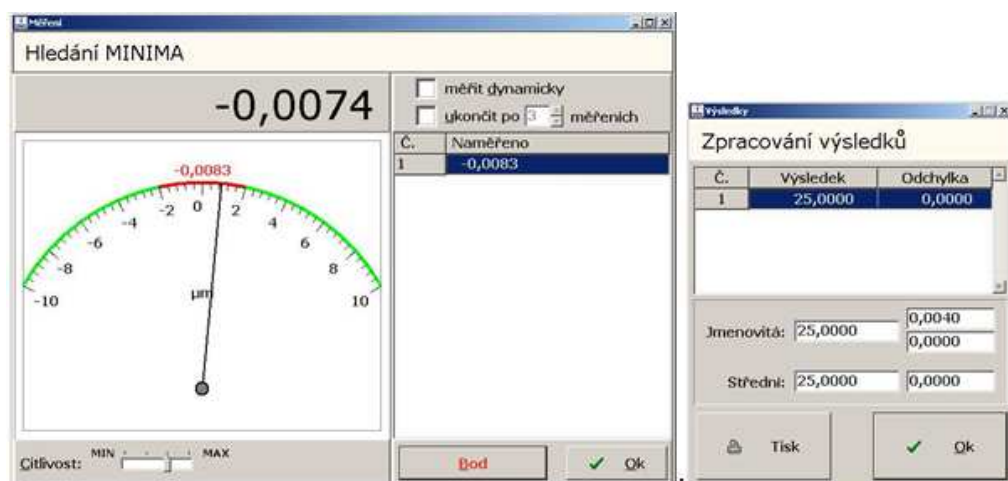
### 4.4.1. Samotné měření kontrolních kroužků pro vnější měření

Kontrolní kroužek umístíme na magnetickou podložku, která je umístěna ve středu, tak aby byl zajištěn pevný bod umístění kroužku. Pomalým posuvem nastavíme pravou pinolu těsně ke kroužku a poté ji zaaretujeme, jelikož se s ní již během měření nebude nijak hýbat. Dále pomalým posunem se dotkneme levou pinolou kroužku a zaaretujeme. Pomalým natočením nastavíme rysky na kroužku do osy pinol. Jakmile se dotkne kontrolního kroužku i levá pinola (viz obr. 4.10) objeví se na monitoru hodnota. V tomto případě musíme nalézt maximální neboli vratný bod (viz obr. 4.11) a to tak že posouváme otočným šroubem

stojánku, jakmile tento vratný bod nalezneme potvrdíme jej na klávesnici a změřená hodnota se nám uloží. Po dokončení samotného měření se nám na obrazovce zobrazí protokol o měření (viz Příloha č.3), ten je možné uložit popř. vytisknout.



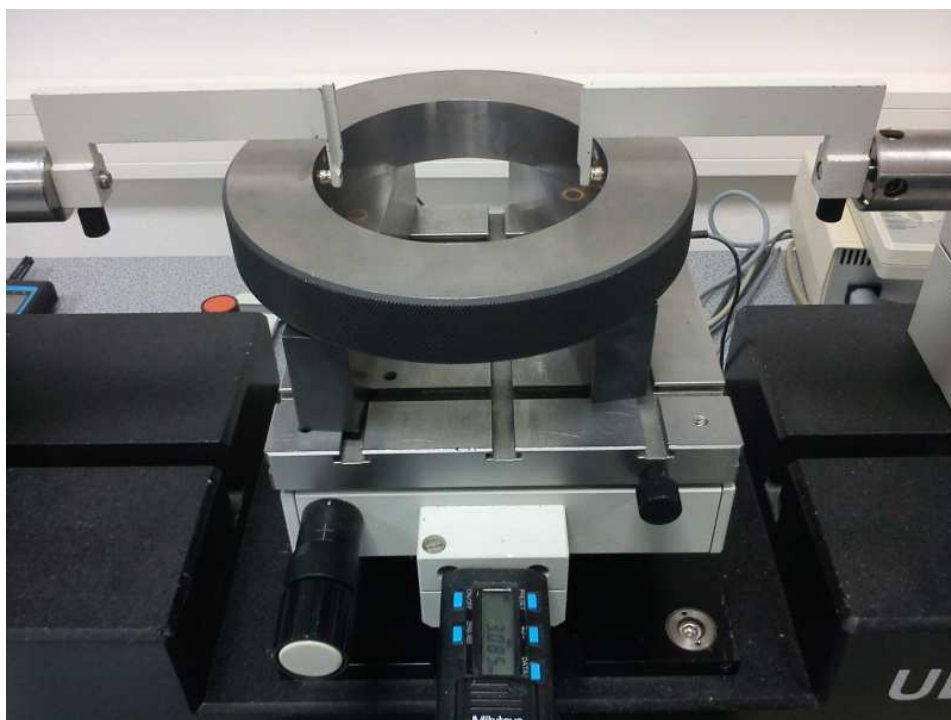
**Obr. 4.10:** Měření vnějšího průměru kontrolních kroužků



**Obr. 4.11:** Nalezení vratného bodu

#### 4.4.2. Samotné měření kontrolních kroužků pro vnitřní měření

Pro měření kontrolních kroužků vnitřních je postup obdobný jako u předchozího bodu při měření vnějších kroužků, ovšem jsou použity jiné třmeny, které jsou již k sobě posunuty na průměr menší než hodnota měřeného kroužku. Kroužek umístíme na magnetickou podložku a pomalým posouváním se pravou pinolou dotkneme stěny kroužku, tu pak zaaretujeme a stejným postupem přiblížíme levou pinolu (viz obr. 4.12). Pomalým pootočením kroužku nastavíme rysky do osy pinol. Jakmile se levá pinola dotkne stěny kroužku, objeví se na monitoru hodnota a pomalým posouváním stolku v ose Y opět hledáme vratný bod neboli maximum. Jakmile tento nalezneme opět potvrdíme a hodnota se nám uloží v programu. Po dokončení samotného měření se nám na obrazovce zobrazí protokol o měření (viz Příloha č. 4) a je možné jej uložit nebo vytisknout.



**Obr. 4.12: Měření vnitřního průměru kontrolních kroužků**

## 5. Diskuze experimentálních měření

### 5.1. Realizace samotného měření dle návrhu

Samotné měření kontrolních kroužků jsem prováděl dle návrhu uvedeného a popsaného v předchozí kapitole. Snažil jsem se dodržovat výše popsané postupy a také se vyvarovat chyb, které by mohli nepřímo ovlivnit celý proces měření a jeho vyhodnocení.

#### 5.1.1. Informace o měření kontrolních kroužků vnitřních

Kalibrace kontrolních kroužků vnitřních byla prováděna jako první, byly kalibrovány kontrolní kroužky uvedené v přehledu v kapitole 4. Byly kalibrovány celkem tři kontrolní kroužky vnitřní, počet měření provedených na každém kroužku bylo celkem padesát, abychom získali co možná nejpřesnější výsledek měření a eliminovali veškeré chyby měření. V průběhu měření vždy po deseti měřeních byly překontrolovány nástavce zda nedošlo k jejich odchýlení a v případě že k tomuto došlo byla jejich hodnota nastavena na správnou a pokračovali jsme v měření. Základní informace o kalibraci (viz tab. 5.1).

**Tabulka 5.1:** Informace o kalibraci kontrolních kroužků

<b>Typ měřené součástky</b>	Kontrolní kroužek pro vnitřní měření
<b>Počet měřených kroužků</b>	3
<b>Datum kalibrace</b>	11. 02. 2011
<b>Teplota prostředí</b>	19,80 °C
<b>Změna teploty vzduchu za 1 hodinu</b>	0,2 °C

#### 5.1.2. Informace o měření kontrolních kroužků vnějších

Kalibrace kontrolních kroužků vnějších byla prováděna jako druhá a to o tři dny později, byly kalibrovány kontrolní kroužky uvedené v přehledu kapitoly 4. Byly kalibrovány celkem tři kontrolní kroužky vnější, počet měření provedených na každém kroužku bylo celkem padesát, abychom získali co možná nejpřesnější výsledek měření a eliminovali veškeré chyby měření. V průběhu měření vždy po deseti měřeních byly překontrolovány nástavce zda nedošlo k jejich odchýlení a v případě, že k tomuto došlo byla jejich hodnota nastavena na správnou a pokračovali jsme v měření. Základní informace o kalibraci (viz tab. 5.2).

**Tabulka 5.2:** Informace o kalibraci kontrolních kroužků

<b>Typ měřené součástky</b>	Kontrolní kroužek pro vnější měření
<b>Počet měřených kroužků</b>	3
<b>Datum měření</b>	14. 02. 2011
<b>Teplota prostředí</b>	19,80 °C
<b>Změna teploty vzduchu za 1 hodinu</b>	0,3 °C

### 5.1.3. Přehled naměřených hodnot

Všechny naměřené hodnoty kontrolních kroužků vnějších a vnitřních jsem vepsal do tabulek (viz tab. 5.3 a tab. 5.4).

**Tabulka 5.3:** Naměřené hodnoty kontrolních kroužků vnitřních

Číslo kroužku	MS/0002	MS/0004	MS/0006
Číslo měření	Naměřené hodnoty (mm)	Naměřené hodnoty (mm)	Naměřené hodnoty (mm)
1	25,0004	49,9994	100,0024
2	25,0004	49,9994	100,0025
3	25,0004	49,9995	100,0024
4	25,0007	49,9995	100,0022
5	25,0008	49,9995	100,0024
6	25,0007	49,9993	100,0024
7	25,0006	49,9994	100,0024
8	25,0007	49,9994	100,0023
9	25,0007	49,9994	100,0023
10	25,0009	49,9994	100,0024
11	25,0009	49,9994	100,0022
12	25,0008	49,9994	100,0021
13	25,0008	49,9996	100,0022
14	25,0008	49,9993	100,0022
15	25,0008	49,9993	100,0021
16	25,0007	49,9995	100,0021
17	25,0007	49,9995	100,0021
18	25,0006	49,9991	100,0021
19	25,0006	49,9992	100,0021
20	25,0003	49,9991	100,0022

<b>21</b>	25,0005	49,9991	100,0021
<b>22</b>	25,0008	49,9992	100,0022
<b>23</b>	25,0004	49,9992	100,0021
<b>24</b>	25,0006	49,9992	100,0021
<b>25</b>	25,0004	49,9992	100,0021
<b>26</b>	25,0007	49,9996	100,0024
<b>27</b>	25,0008	49,9995	100,0025
<b>28</b>	25,0003	49,9991	100,0024
<b>29</b>	25,0006	49,9995	100,0024
<b>30</b>	25,0005	49,9991	100,0024
<b>31</b>	25,0006	49,9993	100,0024
<b>32</b>	25,0007	49,9994	100,0023
<b>33</b>	25,0004	49,9995	100,0021
<b>34</b>	25,0004	49,9996	100,0025
<b>35</b>	25,0006	49,9993	100,0025
<b>36</b>	25,0008	49,9995	100,0021
<b>37</b>	25,0003	49,9994	100,0023
<b>38</b>	25,0007	49,9993	100,0024
<b>39</b>	25,0005	49,9994	100,0023
<b>40</b>	25,0005	49,9995	100,0024
<b>41</b>	25,0009	49,9996	100,0024
<b>42</b>	25,0005	49,9992	100,0021
<b>43</b>	25,0006	49,9993	100,0023
<b>44</b>	25,0008	49,9993	100,0021
<b>45</b>	25,0008	49,9992	100,0023
<b>46</b>	25,0006	49,9994	100,0024
<b>47</b>	25,0005	49,9995	100,0021
<b>48</b>	25,0008	49,9995	100,0024
<b>49</b>	25,0009	49,9994	100,0022
<b>50</b>	25,0009	49,9995	100,0023



**Tabulka 5.4:** Naměřené hodnoty kontrolních kroužků vnějších

Číslo kroužku	OSL/4321	OSL/1316	OSL/4750
Číslo měření	Naměřené hodnoty (mm)	Naměřené hodnoty (mm)	Naměřené hodnoty (mm)
1	25,0005	49,9987	99,9972
2	25,0001	49,998	99,9972
3	25,0004	49,9981	99,9972
4	25,0002	49,998	99,9972
5	25,0002	49,9981	99,9972
6	25,0004	49,998	99,9971
7	25,0004	49,9981	99,9971
8	25,0002	49,9981	99,9972
9	25,0001	49,9981	99,9971
10	25,0002	49,998	99,9972
11	25,0002	49,998	99,9972
12	25,0003	49,998	99,9971
13	25,0004	49,998	99,9972
14	25,0003	49,9979	99,9971
15	25,0003	49,9977	99,9972
16	25,0002	49,998	99,9972
17	25,0003	49,9979	99,9972
18	25,0002	49,9983	99,9971
19	25,0002	49,9985	99,9972
20	25,0003	49,9984	99,9973
21	25,0004	49,9985	99,9971
22	25,0002	49,9978	99,9972
23	25,0001	49,998	99,9973
24	25,0002	49,9985	99,9973
25	25,0003	49,9979	99,9971
26	25,0003	49,998	99,9972
27	25,0001	49,9985	99,9972
28	25,0002	49,9984	99,9972
29	25,0004	49,9985	99,9972
30	25,0002	49,9985	99,9972
31	25,0004	49,998	99,9973
32	25,0002	49,998	99,9971
33	25,0005	49,9982	99,9972
34	25,0004	49,9978	99,9972
35	25,0004	49,9987	99,9972

36	25,0001	49,9982	99,9972
37	25,0002	49,9979	99,9973
38	25,0002	49,998	99,9972
39	25,0004	49,9982	99,9972
40	25,0002	49,9984	99,9972
41	25,0004	49,9986	99,9973
42	25,0001	49,9984	99,9972
43	25,0003	49,9978	99,9971
44	25,0004	49,9981	99,9972
45	25,0005	49,9979	99,9972
46	25,0004	49,9986	99,9971
47	25,0004	49,9983	99,9972
48	25,0001	49,9978	99,9973
49	25,0005	49,9978	99,9972
50	25,0001	49,9981	99,9972

## 5.2. Stanovení nejistot

V nadcházející kapitole budou popsány jednotlivé výpočty nejistot pro kontrolní kroužek MS/0002, jelikož pro ostatní mnou měřené kroužky je tento postup výpočtu stejný. Na konci této kapitoly budou uvedeny výsledky hodnot měření a výpočtu pro jejich zhodnocení.

### 5.2.1. Stanovení nejistoty typu A (pro MS/0002)

#### Výpočet výběrového průměru

Spočítá se dosazením naměřených hodnot přímo do vzorce (1):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{x} = \frac{1}{50} \sum_1^{50} 1250,0317 = \frac{1250,0317}{50} = 25,0014 \text{ mm}$$

#### Výpočet směrodatné odchylky

Určí se jako kladná odmocnina z výběrového rozptylu hodnot (2):

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{49} \sum_1^{50} (25,0004 - 25,0014)^2 + \dots + (25,0009 - 25,0014)^2} = 0,000176819 \text{ mm} =$$

$$= 0,176819 \mu\text{m}$$

### Výpočet směrodatné odchylky střední hodnoty

Jedná se o druhou odmocninu z výběrového rozptylu aritmetického průměru hodnot. Vypočte se dosazením do vzorce (3):

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}}$$

$$s(\bar{x}) = \frac{0,000176819}{\sqrt{50}} = 0,000025006 \text{ mm} = 0,025006 \text{ } \mu\text{m}$$

### Výpočet standardní nejistoty $u_A$

Standardní nejistota  $u_A$  je rovna směrodatné odchylce střední hodnoty (4):

$$u_A(\bar{x}) = s(\bar{x})$$

$$u_A = 0,025006 \text{ } \mu\text{m}$$

## 5.2.2. Stanovení nejistoty typu B (pro MS/0002)

Při výpočtu této nejistoty musíme zohlednit příslušné rozšířené nejistoty délkoměru, pracovního etalonu a teplotní korekce.

### Pracovní etalon HOMMEL (Ds)

V kalibračním listu pro tento pracovní etalon, který má vnitřní průměr seřizovacího kroužku (49,999 mm), uvedena příslušná rozšířená nejistota, která je  $U=[0,2+6L] \text{ } \mu\text{m}$ . S touto nejistotou musíme počítat u měření vnitřních kroužků.

### Délkoměr ULM OPAL 600 ( $\delta l$ )

Rozšířená nejistota měření délkoměru je uložena v přístroji. Tato hodnota s kterou musíme počítat je dle kalibračního protokolu k měřidlu  $U=[0,1+3L] \text{ } \mu\text{m}$ .

### Teplotní korekce ( $\delta T$ )

Během celého měření dbáme na to, aby byla udržována a monitorovaná teplota měřené součástky konstantní. Z podmínek v měřivé laboratoři lze zjistit, že odchylky teploty měřené součástky od teploty okolí zůstávají v rozmezí  $\pm 0,2 \text{ K}$ . Dle měření je okolní teplota v měřicí místnosti v rozmezí  $\pm 0,5 \text{ K}$ .

Celkový výsledek a příspěvek k nejistotě je zapsán v tabulce 5.5.

**Tabulka 5.5:** Výpočet nejistoty  $u_B$

Vliv nejistoty	Veličina	Vyčíslení	Příspěvek k nejistotě
Laboratoře	$\delta l_{TA}$	zanedbáváme	
Kalibrova. kroužku	$\delta l_{TX}$	zanedbáváme	
Etalonového kroužku	$\delta l_{TS}$	zanedbáváme	
<b>Korekce tepl. vlivů</b>	$\delta l_T$	zanedbáváme	
<b>Nejistota etalonu</b>	$\delta D_s$	(příspěvek k nejistotě)	0,2 $\mu m$
<b>Nejistota délkoměru</b>	$\delta l_i$	(příspěvek k nejistotě)	0,1 $\mu m$
<b>Celková nejistota <math>u_B</math>:</b>			<b>0,3 <math>\mu m</math></b>

Vliv teplotních vlivů laboratoře  $\delta l_{TA}$ , ložiskového kroužku  $\delta l_{TX}$  a etalonového kroužku  $\delta l_{TS}$  se zanedbává jelikož hodnota je velmi malá a na výslednou hodnotu nemá až tak zásadní vliv.

Nejistota délkoměru a etalonového kroužku se zjistila z kalibračních listů pro dané měřidlo.

### 5.2.3. Stanovení kombinované nejistoty (pro MS/0002)

Určení kombinované standardní nejistoty (5)

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

$$u_C = \sqrt{0,025006^2 + 0,3^2} = 0,301 \mu m$$

### 5.2.4. Stanovení rozšířené nejistoty (pro MS/0002)

Tuto nejistotu měření  $U$  stanovíme vynásobením kombinované nejistoty  $u_C$  koeficientem rozšíření  $k=2$  (6):

$$U = k * u_C$$

$$U = 2 * 0,301 = 0,602 \mu m$$

### Výsledek kalibrace [1]:

Výsledek se pak zapisuje ve tvaru (střední hodnota  $\pm$  hodnota nejistoty) ve stejných jednotkách:

$$(25,0014 \pm 0,0006) \text{ mm}$$

*Uvedená rozšířená nejistota měření je součinitelem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření  $k=2$ , což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnostnímu pokrytí asi 95%. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA4/02.*

## 5.2.5 Přehled vypočítaných nejistot

**Tabulka 5.6:** Přehled vypočtených nejistot u vnitřních kroužků

Číslo kroužku	Výběrový průměr	Nejistota typu A	Nejistota typu B	Kombinovaná nejistota	Rozšířená nejistota
	$\bar{x}$ [mm]	uA [ $\mu\text{m}$ ]	uB [ $\mu\text{m}$ ]	uC [ $\mu\text{m}$ ]	U [ $\mu\text{m}$ ]
MS/0002	25,0014	0,025006	0,3	0,301	<b>0,602</b>
MS/0004	49,9994	0,020692	0,3	0,301	<b>0,602</b>
MS/0006	100,0023	0,019755	0,3	0,301	<b>0,602</b>

**Tabulka 5.7:** Přehled vypočtených nejistot u vnějších kroužků

Číslo kroužku	Výběrový průměr	Nejistota typu A	Nejistota typu B	Kombinovaná nejistota	Rozšířená nejistota
	$\bar{x}$ [mm]	uA [ $\mu\text{m}$ ]	uB [ $\mu\text{m}$ ]	uC [ $\mu\text{m}$ ]	U [ $\mu\text{m}$ ]
OSL/4321	25,0003	0,017612	0,3	0,301	<b>0,601</b>
OSL/1316	49,9982	0,037711	0,3	0,302	<b>0,604</b>
OSL/4750	99,9972	0,008494	0,3	0,300	<b>0,600</b>

## 5.3. Výsledek kalibrace

Cílem kalibrace bylo stanovit vhodnou metodu měření kontrolních kroužků vnitřních a vnějších. Spočítat rozšířenou nejistotu, která charakterizuje interval hodnot kolem výsledků měření. Tyto úkoly byly splněny a výsledky mé kalibrace jsou shrnuty do tabulky (viz tab. 5.8).

**Tabulka 5.8:** Tabulka výsledků kalibrace kroužků

Číslo kroužku	Průměr / tolerance	Výsledek kalibrace	Závěr
	[mm] / [μm]	$\bar{x}$ [mm]	
Vnitřní kontrolní kroužky			
MS/0002	25,002 / -1	(25,0014 ± 0,0006) mm	vyhovuje
MS/0004	50 / ±0	(49,9994 ± 0,0006) mm	vyhovuje
MS/0006	100,003 / -1	(100,0023 ± 0,0006) mm	vyhovuje
Vnější kontrolní kroužky			
OSL/4321	25 / ±0	(25,0003 ± 0,0006) mm	vyhovuje
OSL/1316	50 / ±0	(49,9982 ± 0,0006) mm	vyhovuje
OSL/4750	100 / -3	(99,9972 ± 0,0006) mm	vyhovuje

### Závěr kalibrace

Musíme si uvědomit, že kalibrace je soubor úkonů, kterými se stanoví za specifických podmínek vztah mezi hodnotami veličin, které jsou indikovány měřicím přístrojem nebo měřicím systémem nebo hodnotami reprezentovanými ztělesněnou mírou nebo referenčním materiálem a odpovídajícími hodnotami, které jsou realizovány etalony [2].

Kalibrací kontrolujeme správnost údajů uváděným měřidlem, zda je možné se na toto měřidlo plně spolehnout pro konkrétní účel. Pro náš účel jsme zjišťovali vhodnost délkoměru pro kalibraci kontrolních kroužků.

Z výsledků kalibrace je zřejmé, že tyto kroužky plně splňují požadavky pro komparační měření ve výrobě a stanovený kalibrační postup je možné plně užívat. V plně vytíženém provozu jsou tyto kroužky vystaveny určitému opotřebení, ale z praxe je zřejmé, že rekalkulační intervaly budou plně dostačující po 1 roku, kde budou také zkontrolovány tyto kontrolní kroužky na kruhoměru, kde se provede měření kruhovitosti (kontrola tvarové stálosti).

Hodnota kalibrace je uváděna na čtyři desetinná místa, ale platná hodnota je plně dostačující na tři desetinná místa, hodnota jednoho mikrometru, tak jak je uváděno na kontrolních kroužcích.

**Na základě mého měření bych navrhol dodržet můj návrh kalibračního postupu s těmito změnami:**

- ❖ Řádně, před každou kalibrací, kontrolovat kontrolní kroužky na kruhoměru (kontrola tvarové stálosti).

- ❖ Řádně teplotně stabilizovat kroužky (den před samotnou kalibrací).
- ❖ Řádně nastavovat výšku měřicího stolku pomocí délkových měrek.
- ❖ Řádně kontrolovat teplotu v laboratoři (teplotní rozptyl).
- ❖ Řádně dodržovat odstup operátora při kalibraci od kontrolních kroužků a měřidla (eliminace teplotního vlivu).
- ❖ Možné stanovení nejistot, jejich výpočet a řádné zapisování hodnot.

## **6. Technicko ekonomické zhodnocení**

### **6.1. Technické zhodnocení**

Z výpočtů nejistot měření je zřejmé, že Abbého komparační měřidlo neboli délkoměr ULM opal 600 je velmi přesný měřicí přístroj vhodný k měření vnitřních i vnějších rozměrů. Je možné jej užívat ve firmě Koyo Bearings, jako velmi přesné měřidlo pro účely kalibrace kontrolních kroužků.

Vzhledem k těmto faktům je možné provádět kalibrace na tomto přístroji a není třeba tuto operaci zadávat externí firmě, kde se tato kalibrace doposud prováděla, jelikož měřidlo není ve vlastnictví firmy a bylo k tomuto posouzení zapůjčeno od dodavatele těchto přístrojů k půl ročnímu užívání neboli pronájmu.

Díky mému výsledku měření a výpočtům celý tento finanční i časově náročný proces odpadne a bude možné provádět kalibrace kontrolních kroužků přímo v metrologické laboratoři, kde je tento délkoměr momentálně umístěn.

### **6.2. Ekonomické zhodnocení**

Vzhledem k výše zmíněným údajům lze také vyčíslit časové úspory (viz tab. 6.1) a finanční úspory (viz tab. 6.2), které vznikly s umístěním délkoměru do metrologické laboratoře, kde bude možné provádět kalibrace kontrolních kroužků interními pracovníky pro tento účel řádně proškoleny a prozkoušeny, jelikož odpadne zadávání kalibrací externí firmě, která tento úkon doposud prováděla. Celkový počet potřebných kalibrací kontrolních kroužků za 1 rok činí 4700 ks v časovém rozmezí 245 dnů. Což odpovídá velikosti zakázky pro externí firmu na jednu pracovní směnu 19 ks kontrolních kroužků. Vzhledem kapacitním možnostem v metrologické laboratoři je možné provádět tuto interní kalibraci v počtu 40 ks kontrolních kroužků na jednu pracovní směnu. Musíme ovšem brát v potaz stejný počet na zakázku, kterou je možné provést v metrologické laboratoři 2x rychleji.



**Tabulka 6.1:** Časová úspora

Typ měřidla	Počet kroužků za 1 prac. směnu	Počet Nrmin / na 1 kroužek	Počet Nrmin / na 1 den	Časová úspora při interní kalibraci	
				Úspora na 1 den v Nrmin	Úspora na 1 rok ve dnech (prac. fond 245 dnů)
Délkoměr ULM opal 600 externí kalibrace	19	23	437	228	38,8
Délkoměr ULM opal 600 interní kalibrace	19	11	209		

Časová úspora při provádění kalibrace kroužků v metrologické laboratoři oproti provádění této kalibrace externí firmou činí 38,8 dnů.

**Tabulka 6.2:** Finanční úspora

Typ měřidla	Počet kroužků za 1 prac. směnu	Hod. mzdová sazba / 1 operátora v Kč	Počet Kč na 1 Nrmin	Počet Kč na 1. prac. směnu	Finanční úspora při interní kalibraci	
					Úspora na 1 den v Kč	Úspora na 1 rok v Kč (prac. fond 245 dnů)
Délkoměr ULM opal 600 externí kalibrace	19	360	6	2700	1503	368235
Délkoměr ULM opal 600 interní kalibrace	19	160	2,66	1197		

Finanční úspora při provádění kalibrace kontrolních kroužků v metrologické laboratoři pracovníky podniku oproti provádění této kalibraci externí firmou a jejich personálem činí 368235 Kč. Zde jsme vycházeli z jednosměnného pracovního provozu a zvažovali časové úspory (viz tab. 6.1).

## Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zjištění, zda je možné provádět kalibraci kontrolních kroužků ve společnosti Koyo Bearings Česká republika, s.r.o a také návrhu vhodného postupu kalibrace těchto vnitřních a vnějších kroužků.

V úvodu mé práce jsem chtěl připomenout problematiku přesného měření vnitřních a vnějších délkových rozměrů, obecné parametry a způsoby jejího měření, důležitost použití vhodných měřidel a jejich aplikace na jednotlivé metody. Také jsem uvedl problematiku chyb, které ovlivňují samotné měření a postup stanovení nejistot měření, dle kterých jsem v početní části postupoval při vlastních výpočtech. Ty mi posloužily k určení vhodnosti použití daného měřidla.

V následující kapitole jsem popsal měřicí přístroj délkoměr ULM opal 600 a pomocné komparační měřidlo UD 100, které se užívá ve výrobě pro kontrolní měření. Délkoměr je experimentálně přesné měřidlo vhodné k provádění těchto měření a kalibrací kontrolních kroužků, které z obecného pohledu na výsledky naměřených hodnot a vypočítaných nejistot pro konečné rozšířené nejistoty je dostačující. Také jsem se zde zmínil o kontrolních kroužcích, jak z hlediska výroby (obecný technologický postup), tak i hlediska funkčního (požití ve výrobě). Tato úvodní teoretická část práce je spíše informačního charakteru.

V praktické části jsem popsal jednotlivé postupy měření na daném měřidle, samotnou přípravu měřidla a měřených kontrolních kroužků na kalibraci. Na co se musí dbát, aby nedocházelo k chybám a jaké postupy dodržovat pro vlastní metodiku kalibrace. Součástí tohoto bylo nastavení postupu kalibrace na délkoměru pro vnitřní a vnější kroužky, které se bude do budoucna pro dané způsoby kalibrací používat a bude zpracován nový kalibrační postup pro tyto kontrolní kroužky, jelikož daný kalibrační postup je uložen v programu pro každý kontrolní kroužek a při jeho dohledání je tento postup automaticky zobrazen

Díky výsledkům nejistot v početní části jsem mohl dále stanovit užití délkoměru k účelu kalibrace kontrolních kroužků v metrologické laboratoři, kde odpadne zdoluhavý proces s prováděním této kalibrace externí firmou. V poslední kapitole jsou spočítány časové a finanční úspory při použití délkoměru v metrologické laboratoři pro kalibraci kontrolních kroužků oproti provádění této kalibrace externí firmou. Věřím, že mnou zjištěné úspory poslouží k realizaci mého návrhu kalibrace a bude délkoměr použit pro provádění kalibrací kontrolních kroužků přímo v metrologické laboratoři, kde bude využit v maximální možné míře.

## Použitá literatura

- [1] DOKUMENT AE4/02: *Vyjadřování nejistot při kalibracích*. Praha: Český normalizační institut Praha, 2001. 70s. ISBN 80-7283-054-6.
- [2] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie část 1*. OSTRAVA: VŠB-TU Ostrava, 2004. 112s. ISBN 80-248-06711-1.
- [3] PROF. ING. KAREL HRUŠKA, DRSC., ING. JOSEF BRADÍK. *Stanovení nejistot při měření parametrů jakosti*. Blansko: VUT Brno, 2001. 113 s. ISBN 80-214-1656-1.
- [4] Podniková literatura (manuály k měřícím přístrojům).
- [5] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.[online]. Dostupné z: [http://www.unmz.cz/cz/4/505\\_90\\_prac.htm](http://www.unmz.cz/cz/4/505_90_prac.htm)
- [6] SŠTO Kosinova technet [online]. Dostupné z: <http://alfa.ftp.ssto.cz/i.masa/EM4b/Maturitni%20otazky>
- [7] Integrovaná Střední Škola Slaný [online]. Dostupné z: [http://xyz12345.wz.cz/tmr/tmr\\_meridla\\_delek.html](http://xyz12345.wz.cz/tmr/tmr_meridla_delek.html)
- [8] SPŠ a Vyšší odborná škola Kladno [online]. Dostupné z: <http://www.spskladno.cz/stahuj.php?id=2091>
- [9] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie část 2 Základy řízení jakosti*. OSTRAVA: VŠB-TU Ostrava, 2006. 88. ISBN 80-248-1209-6.
- [10] TICHÁ, Šárka. *Základy strojírenské technologie*. OSTRAVA: VŠB-TU Ostrava, 1997. 115. ISBN 80-7078-300-1.

### **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu méj diplomové práce panu doc. Ing. Vladimíru Vrbovi CSc. za poskytnutí odborných rad, dále mému konzultantovi Ing. Petru Šmérkovi a v neposlední řadě jeho spolupracovníkům ze společnosti Koyo Bearings s.r.o. Olomouc za poskytnutí materiálů o společnosti a věnovaný čas na umožnění zpracování diplomové práce v podniku.

V Ostravě 3. května. 2011



David Irišek

## Seznam příloh

Příloha č. 1: Certifikáty firmy Koyo Berings

Příloha č. 2: Praktické využití ložiska

Příloha č. 3: Měřicí protokol Délkoměr ULM OPAL 600 vnější kroužek

Příloha č. 4: Měřicí protokol Délkoměr ULM OPAL 600 vnitřní kroužek

## Příloha č. 1: Certifikáty firmy Koyo Bearings

**CQS - Sdružení pro certifikaci systémů jakosti**  
Pod Lisem 129, 171 02 Praha 8 - Troja  
Česká republika

CQS je certifikačním orgánem, akreditovaným podle normy ČSN EN ISO/IEC 17021:2007 Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. pod registračním číslem 3029 pro certifikaci systémů řízení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

**CQS**  
**CERTIFIKÁT**  
číslo: CQS 208/2008

CQS - Sdružení pro certifikaci systémů jakosti na základě kladného výsledku certifikačního auditu prohlašuje, že systém řízení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

**Koyo Bearings Česká republika s.r.o.**  
Pavelkova 253/5, 779 00 Bystrovany, okres Olomouc, Česká republika

byl prověřen a shledán v souladu s požadavky

**ČSN OHSAS 18001 : 2008**

Tento certifikát platí pro následující výrobní obory (služby):

- Výroba a prodej jehlových a válečkových ložisek

\*\*\*\*\*

Platnost certifikátu omezena do: 14. 12. 2011  
Rozhodnutí o certifikaci: 14. 12. 2008  
Datum vydání: 14. 12. 2008  
Datum změny: 01. 01. 2010

Ing. Jana Olšanská  
Vedoucí certifikačního orgánu

**Členové CQS\*:**  
Elektrotechnický zkušební ústav, s.p., Fyzikálně technický zkušební ústav, s.p., Institut pro testování a certifikaci, a.s., Strojírenský zkušební ústav, s.p., Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p., Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p. - oddělení závod - ZÚLP, Textilní zkušební ústav, s.p.

\* Seznam členů CQS platný v době vydání certifikátu. Aktuální seznam je k dispozici na [www.cqs.cz](http://www.cqs.cz).

**SGS**

Certifikát IATF 0088408  
Certifikát SGS CZ09937878

System management organization

**Koyo Bearings Česká republika s.r.o.**  
Pavelkova 253/5, CZ-779 00 Olomouc-Bystrovany, Česká republika

Byl prověřen a certifikován jako splňující požadavky

**ISO/TS 16949:2009**  
Vydání 3

Pro následující činnost

**Výroba jehlových a válečkových ložisek pro automobilový průmysl.**

VYLOUČENÍ: žádné  
Tento certifikát je platný od 4. září 2009 do 3. září 2012  
a zůstává platný v případě úspěšného splnění dohledových auditů.  
Vydání č. 3. Současná verze aktualizována dne 22. října 2010  
Recertifikační audit musí proběhnout do 15 srpna 2012  
Organizace je certifikována od 4. září 2009

Toto je certifikace více organizačních jednotek.  
Podrobnosti o dalších certifikovaných místech jsou uvedeny na další stránce.

Schválí

Video Power Authority  
Contracted Office: SGS United Kingdom Ltd., Ltd 8 Bridgeport Business Centre, Burnell Street, Bridgend  
Industrial Estate, Bridgend, CF31 3PA, UK. Telephone 01626 540404, Fax 01626 540337,  
e-mail [UK@sgs.com](mailto:UK@sgs.com)

SGS TS-4 0709  
Strana 1 z 2  
Hale J 0750

**CQS - Sdružení pro certifikaci systémů jakosti**  
Pod Lisem 129, 171 02 Praha 8 - Troja  
Česká republika

CQS je certifikačním orgánem, akreditovaným podle normy ČSN EN ISO/IEC 17021:2007 Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. pod registračním číslem 3029 pro certifikaci systémů environmentálního managementu

**CQS**  
**CERTIFIKÁT**  
číslo: CQS 245/2010

CQS - Sdružení pro certifikaci systémů jakosti na základě kladného výsledku certifikačního auditu prohlašuje, že systém environmentálního managementu

**Koyo Bearings Česká republika s.r.o.**  
Pavelkova 253/5, 779 00 Bystrovany, okres Olomouc, Česká republika

byl prověřen a shledán v souladu s požadavky

**ČSN EN ISO 14001 : 2005**

Tento certifikát platí pro procesy:

- Výroba a prodej jehlových a válečkových ložisek

\*\*\*\*\*

Platnost certifikátu omezena do: 20. 12. 2013  
Rozhodnutí o certifikaci: 20. 12. 2010  
Datum vydání: 20. 12. 2010  
Datum udělení prvního certifikátu: 10. 12. 2004

Ing. Jana Olšanská  
Vedoucí certifikačního orgánu

**Členové CQS\*:**  
Elektrotechnický zkušební ústav, s.p., Fyzikálně technický zkušební ústav, s.p., Institut pro testování a certifikaci, a.s., Strojírenský zkušební ústav, s.p., Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p., Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p. - oddělení závod - ZÚLP, Textilní zkušební ústav, s.p.

\* Seznam členů CQS platný v době vydání certifikátu. Aktuální seznam je k dispozici na [www.cqs.cz](http://www.cqs.cz).

**SGS**

Certifikát IATF 0088408  
Certifikát SGS CZ09937878

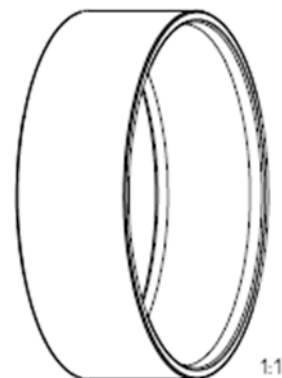
Support Function: Koyo Bearings Deutschland GmbH  
Werksstrasse 5,  
D-337 90 Halle / Westfalen,  
Germany  
Návrh, výroba, prodej a dovozování

Support Function: Czech Engineering Centre  
Technická 15  
CZ-616 00 Brno,  
Česká republika  
Technická podpora

Support Function: JTEKT Europe Bearings B.V.  
Warszawska Street  
41-200 Sosnowiec,  
Poland  
Zákaznický servis

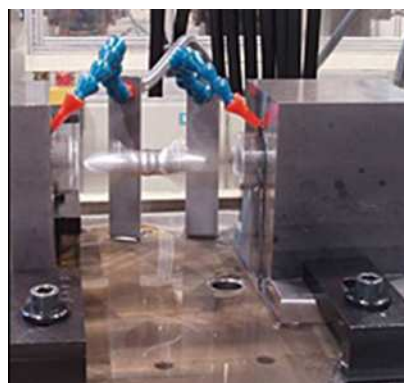
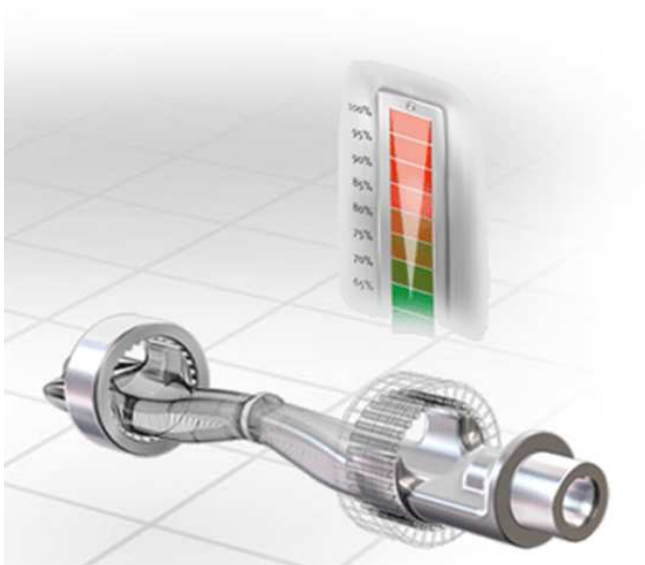
Strana 2 z 2  
0750328 stran 2

## UF-606-311, RA-606-327 – Automotive Application



- **Motor M270**

➤ Kladka (Daimler / vyvažovač hřídele Mercedes)



### Příloha č. 3: Měřicí protokol Délkoměr ULM OPAL 600 vnější kroužek

Koyo Bearings

Česká republika s.r.o.

Pavlovka 253/5

Bystrovany

779 00 Olomouc



Délkoměr ULM Opal 600

Inspection certificate ČSN EN 10204-3.1

Pracovník: Irišek David

Datum: 01.03.2011 čas: 09:56

Měření: přímé vnější měření

Měřený objekt: vnější kontrolní kroužek

Označení: OSL/4750

Identifikace: kontrolní kroužek

Předepsaný průměr: 100,00000 mm

Vztažená teplota: 20 °C

Výsledky měření v mm:

Měřené místo	skuteč.hodn.	směrodat.odch.	úchylka	mimo toleranci
1	99.99724	-	-0.00276	

Největší úchylka: -0.00276 mm



#### **Příloha č. 4:** Měřicí protokol Délkoměr ULM OPAL 600 vnitřní kroužek

**Koyo Bearings**

Česká republika s.r.o.

Pavelkova 253/5

Bystrovany

779 00 Olomouc



Délkoměr ULM Opal 600

Inspection certificate ČSN EN 10204-3.1

Pracovník: Irišek David

Datum: 04.03.2011 čas: 07:33

Měření: vnitřní měření se 2 měřicími třmeny

Měřený objekt: vnitřní kontrolní kroužek

Označení: MS/004

Identifikace: kontrolní kroužek

Předepsaný průměr: 50.00000 mm

Vztažená teplota: 20 °C

Výsledky měření v mm:

Měřené místo	skuteč.hodn.	směrodat.odch.	úchylka	mimo toleranci
1	49.99936	-	-0.0064	

Největší úchylka: -0.0064 mm